

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

EEN GRONDWATERSTROMINGSMODEL VOOR SALLAND

ir. S. Povel,

BIBLIOTHEEK DE HAAFF

Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



1789261

I N H O U D

	Blz.
INLEIDING	1
I. THEORIE VAN HET MATHEMATISCH GRONDWATERSTROMINGSMODEL	2
II. HYDROLOGISCHE TYPERING VAN SALLAND	9
III. EEN GRONDWATERSTROMINGSMODEL VOOR SALLAND	19
3.1. Begrenzing van het gebied	19
3.2. Verzameling van de gegevens	21
IV. IJ KING EN TOEPASSING VAN HET GRONDWATERSTROMINGSMODEL	31
4.1. Computerprogramma	31
4.2. IJking van het model	31
4.3. Simulaties	44
LITERATUUR	50
BIJLAGEN	51 t/m 62

INLEIDING

Een mathematisch grondwaterstromingsmodel is een vereenvoudigde weergave van de geologische en hydrologische eigenschappen van een gebied. Met zo'n model kunnen variaties in de ligging van de grondwaterspiegel over een bepaalde periode worden nagebootst. Een zo juist mogelijke weergave van de fysische eigenschappen van het gebied in studie wordt verkregen door in het model bepaalde invoergegevens zodanig te veranderen, dat de grondwaterstanden die met het model berekend worden, minimaal verschillen van de in het veld gemeten grondwaterstanden.

Als de aanpassing aan de gemeten grondwaterstanden voltooid is en de resultaten van het model bevredigend zijn, is het mogelijk het effect van toekomstige exploitatie van het grondwater op de bewegingen van het freatisch vlak na te gaan.

Als testgebied voor dit grondwaterstromingsmodel is het Waterschap Salland en een klein gedeelte van het Waterschap de Schipbeek^{x)} uitgekozen. De hydrologische gegevens van deze gebieden zijn betrokken uit de periode 1958 tot en met 1960, omdat er toen grote verschillen in neerslagoverschot per jaar voorkwamen, en de benodigde gegevens redelijk volledig en snel kunnen worden verkregen.

^{x)} Gemakshalve zullen deze gebieden in deze studie verder met Salland worden aangeduid

I. THEORIE VAN HET MATHEMATISCH GRONDWATERSTROMINGSMODEL

Het in deze studie gebruikte mathematische model berust op de Wet van Darcy voor de verzadigde stroming en op de continuïteitsvergelijking. We gaan daarbij uit van de volgende veronderstellingen:

- de grondwaterstroming verloopt horizontaal (Dupuit);
- de grondwaterspiegel kan zich vrij bewegen;
- het watervoerend pakket wordt aan de onderzijde afgesloten door een ondoorlatende laag;
- de dikte van dit doorstroomde pakket is groot ten opzichte van de veranderingen in de grondwaterstand en daarom bij benadering constant;
- de kanalen (rivieren) die het gebied begrenzen, reiken tot aan de ondoorlatende laag.

Volgens Darcy geldt voor het debiet q_x op punt x (zie fig. 1):

$$q_x = -kD \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (1)$$

Voor $x < L/2$ is $\frac{\partial h}{\partial x} > 0$, dus q is negatief.

Stel een volume element V met breedte dx (zie fig. 2), de netto instroming bedraagt dan: $-q_{x+dx} - (-q_x)$.

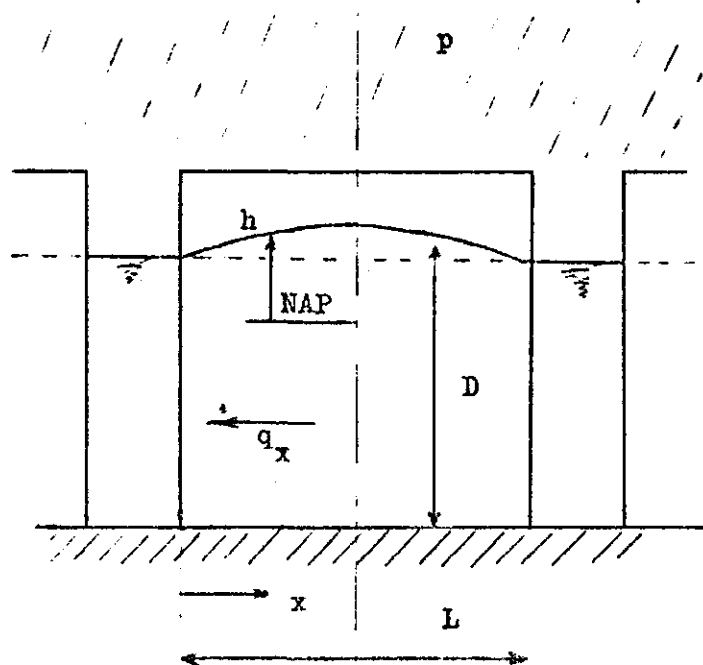
Als de grondwaterspiegel stijgt met Δh , neemt het volume van dit element toe met ΔV , de hoeveelheid beneden het freatisch vlak aanwezige water met μ . $\Delta V = \mu \cdot \Delta h \cdot dx$, waarbij μ de bergingscoëfficiënt voorstelt.

Per tijdseenheid neemt dus de berging van het grondwater toe met $\mu \frac{\partial h}{\partial t} dx$ en de waterbalans luidt dan:

$$-q_{x+dx} - (-q_x) = \mu \frac{\partial h}{\partial t} dx \quad \text{of} \quad -\frac{\partial q}{\partial x} = \mu \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$

Uit (1) en (2) volgt:

$$kD \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \mu \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$



p : neerslag
 h : grondwaterstand
 D : dikte van het
 watervoerend
 pakket
 L : afstand tussen de
 ontwateringsmid-
 delen
 q_x : afvoerdebiet

Fig. 1. Waterstroming naar twee ontwaterings-
middelen

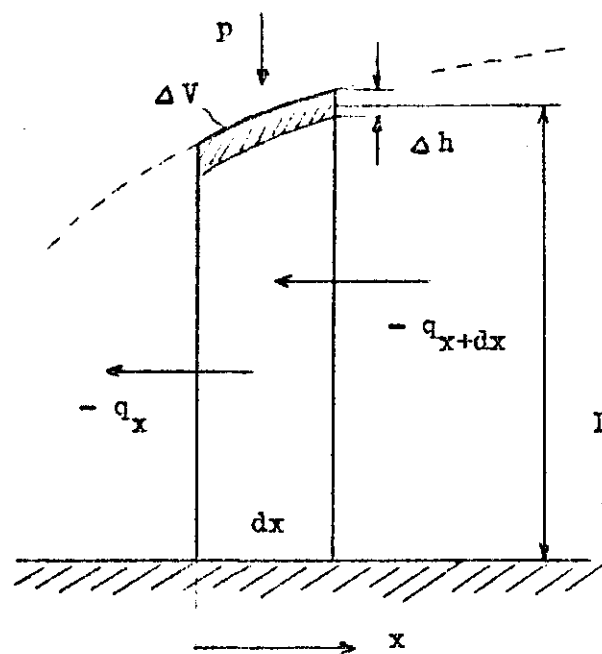


Fig. 2. Waterbalans van een volume-element V

en voor twee richtingen:

$$kD_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + kD_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \mu \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3a)$$

In geval neerslag in de beschouwing betrokken wordt gaat (2) over in: $-\frac{\partial q}{\partial x} + p = \mu \frac{\partial h}{\partial t}$.

Evengoed is open afvoer of een andere term in de vergelijking op te nemen.

Vergelijking (3) of (3a) is een lineaire partiële differentiaalvergelijking van de tweede orde. Deze wordt voor gecompliceerde problemen doorgaans numeriek opgelost. Hiertoe wordt het gebied in een netwerk van veelhoeken verdeeld volgens de methode van Thiessen. Iedere veelhoek wordt vertegenwoordigd door een punt, 'knooppunt' genaamd. De berekende grondwaterstand in het knooppunt geldt voor de gehele polygoon.

Indien men bij de discretisatie uitgaat van gegevens op tijdstip j en daaruit de waarden voor het tijdstip $j+1$ berekent (expliciete methode), ontstaan door dit 'vooruitwerken' fouten, die alleen maar binnen redelijke grenzen blijven, als men de intervallen klein kiest of wanneer het quotiënt van de tijd- en lengtestap een bepaalde waarde niet overschrijdt. Nauwkeuriger zijn daarom de impliciete methoden, die ook gegevens op tijdstip $j+1$ in de beschouwing betrekken. Ze blijken bovendien in de praktijk stabiel te zijn.

Het grondwaterstromingsmodel waarvan wij in deze studie gebruik hebben gemaakt, is gebaseerd op dat van DE RIDDER (1968). DE RIDDER zet vergelijking 3a, maar dan voor N richtingen, om in een differentievergelijking en gaat van een impliciete methode uit. Hij krijgt dan de volgende vergelijking van de waterbalans voor een bepaalde polygoon:

$$\sum_{i=1}^N [h_i(t_{j+1}) - h_b(t_{j+1})] TR_{i,b} = \frac{A_b S_b}{\Delta t} [h_b(t_{j+1}) - h_b(t_j)] + A_b Q_b(t_{j+1}) \quad (4)$$

$$\text{waarin } TR_{i,b} = \frac{w_{i,b} \cdot kD_{i,b}}{L_{i,b}}$$

A_b = oppervlak van de polygoon, waarin knooppunt b ligt

$TR_{i,b}$ = geleidingsfactor tussen knooppunt i en b

$w_{i,b}$ = lengte van de gemeenschappelijke zijde van de polygoon waarin i en b liggen

$kD_{i,b}$ = kD-waarde ter plaatse van zijde $w_{i,b}$

$L_{i,b}$ = afstand tussen de knooppunten i en b

h_i = grondwaterstand van knooppunt i

t = tijdstip waarop de term betrekking heeft

S_b = coëfficiënt voor de grondwaterberging

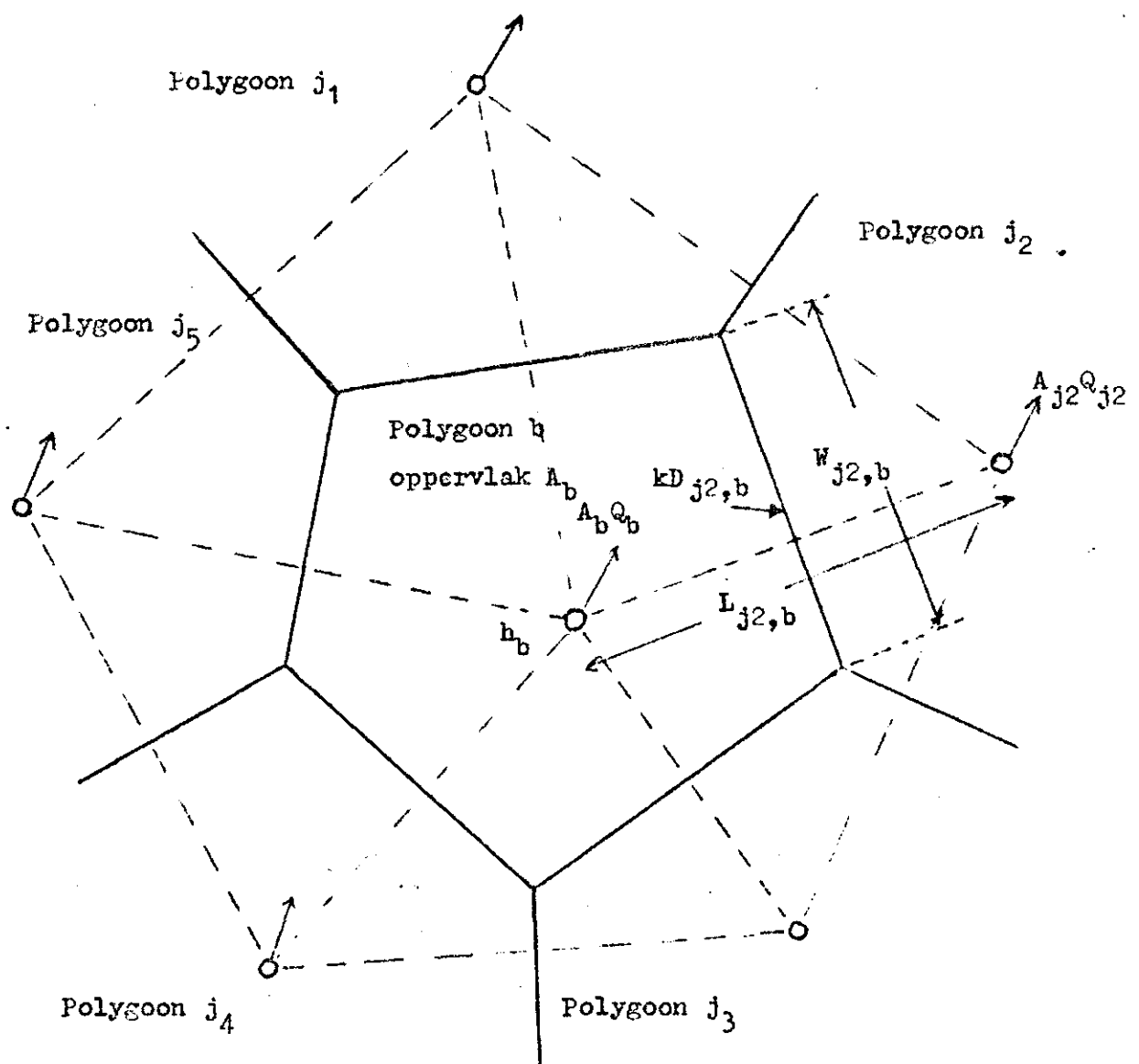
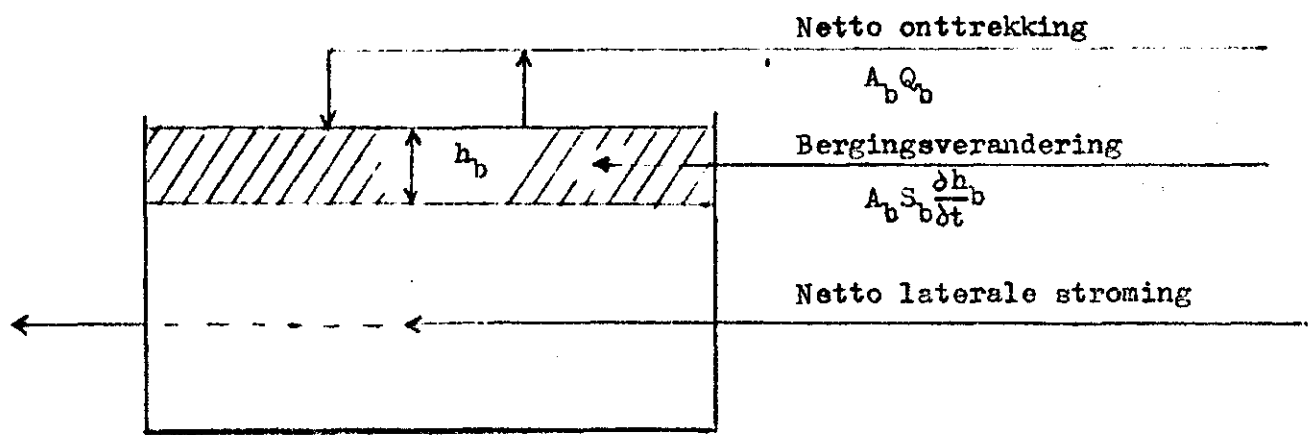
Q_b = netto onttrekking in polygoon b

In fig. 3 is het grondwaterstromingsmodel volgens vergelijking (4) schematisch voorgesteld.

Men kan voor ieder knooppunt vergelijking (4) opstellen. Iedere vergelijking heeft slechts één onbekende, namelijk de grondwaterstand op het tijdstip $j+1$ van het betreffende knooppunt zelf. Tezamen vormen deze vergelijkingen een stelsel van vergelijkingen met evenveel onbekenden als er vergelijkingen zijn, zodat een eenduidige oplossing van het stelsel bestaat.

DE RIDDER heeft zijn model toegepast in een irrigatiegebied met diepe grondwaterstanden, zodat geen speciale aandacht aan de open afvoer behoefde te worden besteed. Bovendien is de bergingscoëfficiënt S_b constant in de tijd verondersteld.

In ons model is noodzakelijkerwijze een term voor de open afvoer in de waterbalansvergelijking opgenomen, en wordt de bergingscoëfficiënt niet constant in de tijd gedacht. Het bergend vermogen van de grond is afhankelijk van het vochtgehalte van de onverzadigde zone. Deze op zijn beurt hangt af van de diepte van de grondwaterspiegel onder maaiveld. De hoogte van de grondwaterstand varieert door het jaar en derhalve is het bergend vermogen van de bodem ook niet constant. De bergingscoëfficiënten, die in ons model zijn ingevoerd voor iedere polygoon voor verschillende perioden, zijn ontleend aan het 'Waterbalansmodel' van het I.C.W. (zie pag. 27).



Vergelijking (4) wordt dan:

$$\sum_{i=1}^N \left[h_i(t_{j+1}) - h_b(t_{j+1}) \right] TR_{i,b} = \frac{A_b \bar{S}_b}{\Delta t} \left[h_b(t_{j+1}) - h_b(t_j) \right] - \bar{I}_{\text{netto},b} + \bar{Q}_{\text{art},b} + D_b(t_{j+1}) \quad (5)$$

waarin: S_b = gemiddelde μ -waarde over de beschouwde periode in polygoon b

$\bar{I}_{\text{netto},b}$ = gemiddelde hoeveelheid neerslag minus de verdamping over de beschouwde periode in polygoon b

$\bar{Q}_{\text{art},b}$ = gemiddelde hoeveelheid kunstmatig onttrokken water over de beschouwde periode in polygoon b

$D_b(t_{j+1})$ = open afvoer op moment $j+1$ in polygoon b

$\frac{D_b(t_{j+1}) + D_b(t_j)}{2}$ zou juister zijn; berekeningen met deze vorm hebben echter nog niet tot goede resultaten geleid

Uit een studie van BLOEMEN (1972) blijkt dat het aandeel van de kwadraat term die voorkomt in de afvoerformule voor Salland gering is. Daarom wordt in ons model uitgegaan van een functie voor de open afvoer met alleen een lineaire term.

Voor evenwijdige waterhoudende kanalen, reikend tot op de ondoorlatende laag, is de stationaire stroming naar de kanalen:

$$\frac{8 \text{ kD } m_o}{L^2}$$

waarin: m_o = opbolling van het freatisch vlak

L = afstand tussen de kanalen

De open afvoer voor polygoon b is dan te benaderen door:

$$D_b(t_{j+1}) = \frac{8 \text{ kD } A_b}{L_b^2} \left[h_b(t_{j+1}) - OB_b \right] \quad (6)$$

waarin: kD_b = gemiddelde kD -waarde van polygoon b volgens:

$$kD_b = \sum_{j=1}^N kD_{j,b} / N$$

L_b = gemiddelde beekafstand in polygoon b

OB_b = ontwateringsbasis ter plaatse van knooppunt b

Omdat de beken niet tot aan de ondoorlatende laag reiken en vanwege de radiale en intreeweerstand die de waterstroming bij de beken ondervindt, is invoering van een equivalent laagdikte (d) zoals die voorkomt in de formule van Hooghoudt in de plaats van D gewenst. De waarde van d is echter moeilijk te verkrijgen. Welke parameters uiteindelijk in de functie voor de open afvoer zullen worden opgenomen, hangt af van de beschikbare gegevens.

II. HYDROLOGISCHE TYPERING VAN SALLAND

Om een indruk te geven van de voor deze studie belangrijke hydrologische omstandigheden van Salland is gebruik gemaakt van kaartmateriaal, en zijn de waterbalansen voor de jaren 1958 tot en met 1960 zo goed mogelijk berekend.

Kaarten

- Fig. 4: Waterlopenkaart (BON, 1972). Deze kaart geeft buiten een overzicht van de waterlopen in het gebied ook een indruk van de geografische ligging
- Fig. 5: Hoogtelijnenkaart (BON, 1972)
- Fig. 6: Isohypsenkaart van het diepe en ondiepe (transparant) grondwater (R.I.D., 1971)
- Fig. 7: Stroomgebiedenkaart (R.W.S., 1958)

Voor uitvoerige interpretatie van bestaand kaartmateriaal over Salland wordt naar nota nr 694 van het I.C.W. (BON, 1972) verwezen.

Berekening van de termen van de waterbalansen

- Neerslag en verdamping

De gegevens over de neerslag en de Penman-verdamping uit de periode 1958 tot en met 1960 zijn afkomstig van het K.N.M.I.

Om de Penman-verdamping om te rekenen naar actuele verdamping is gebruik gemaakt van reductiefactoren uit het rapport: Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied, Deelrapport 9: Berging, afvoer en verdamping in de Gelderse Achterhoek volgens grondwaterstands-analyse (BLOEMEN, 1970). Tabel 1 geeft deze coëfficiënten weer. Voor de ontbrekende waarden is in de berekening de waarde 0,8 aangehouden.

Tabel 1. Reductiecoëfficiënten (g) voor de berekening van de actuele verdamping (E_{ac}) (BLOEMEN, 1970)

Maand	3	4	5	6	7	8	9	10
g	0,54	0,56	0,53	0,68	0,72	0,90	0,80	0,85

Fig. 4

WATERLOPENKAART

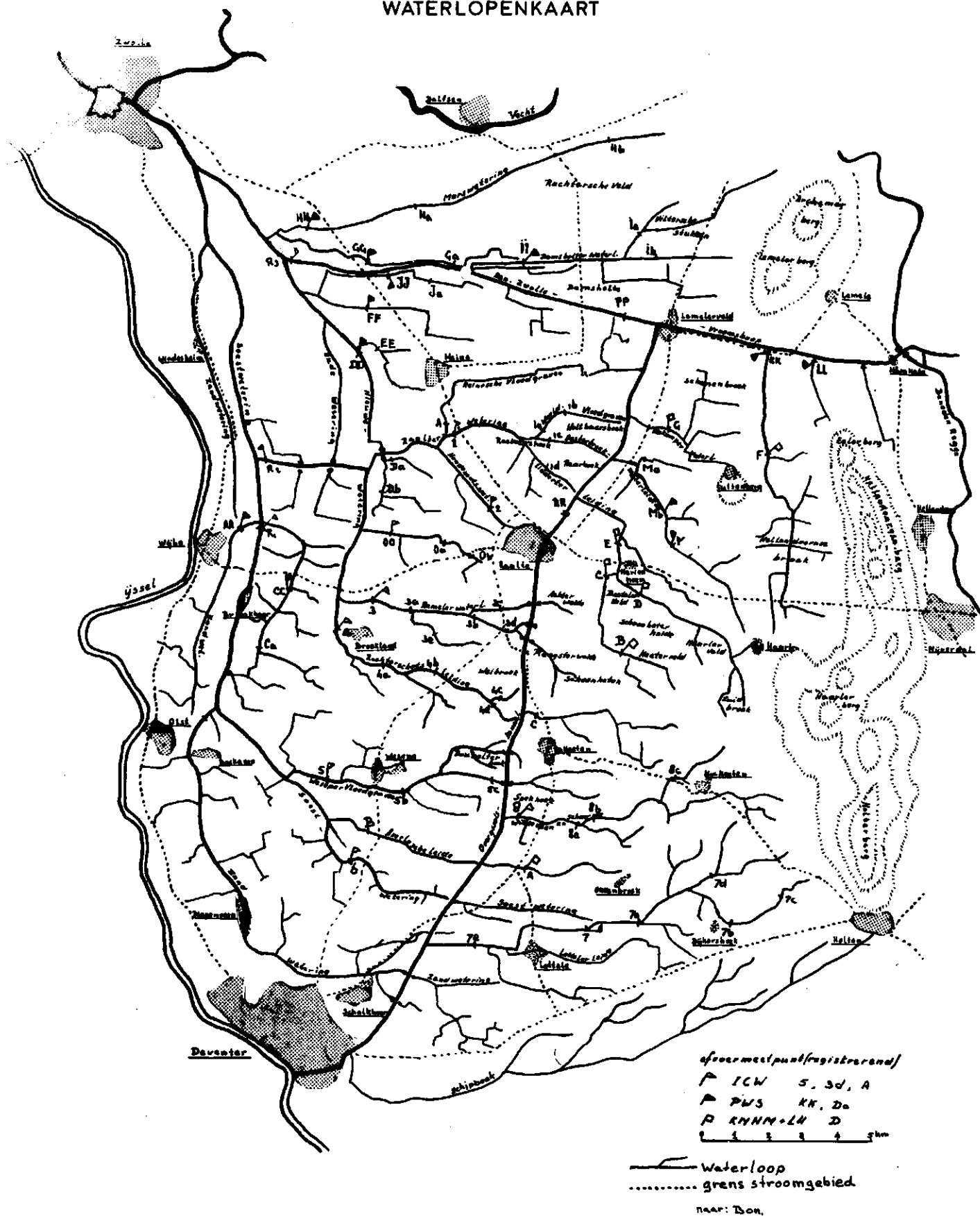


Fig. 5

HOOGTELIJNENKAART

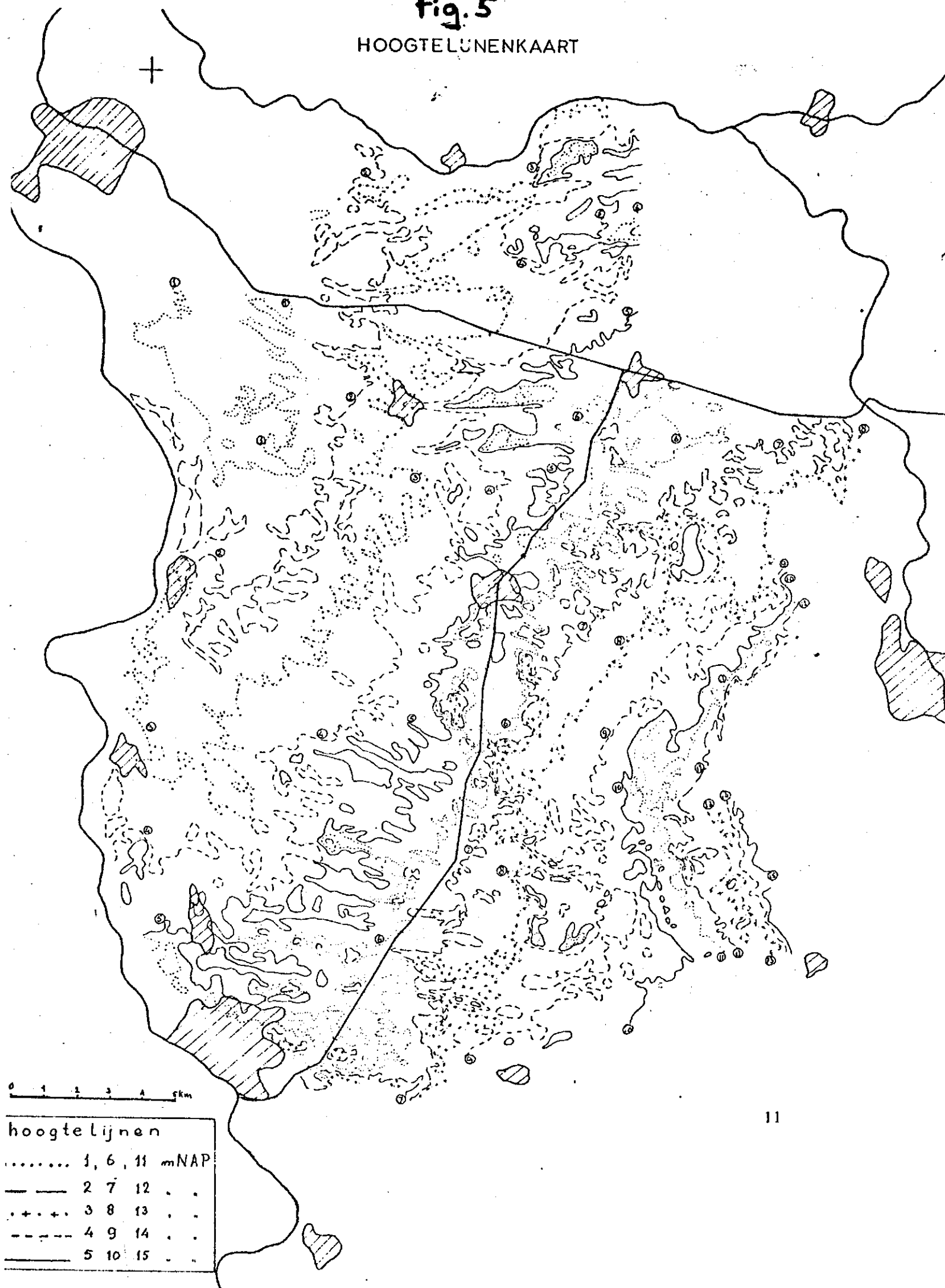


Fig. 6a

ISOHYPSEN VAN HET DIEPE GRONDWATER
GELEGEN BOVEN DE GLACIALE KLEI c.q. TERTIAIRE BASIS

dd. 28 april 1971
schaal 1:100.000

W
O

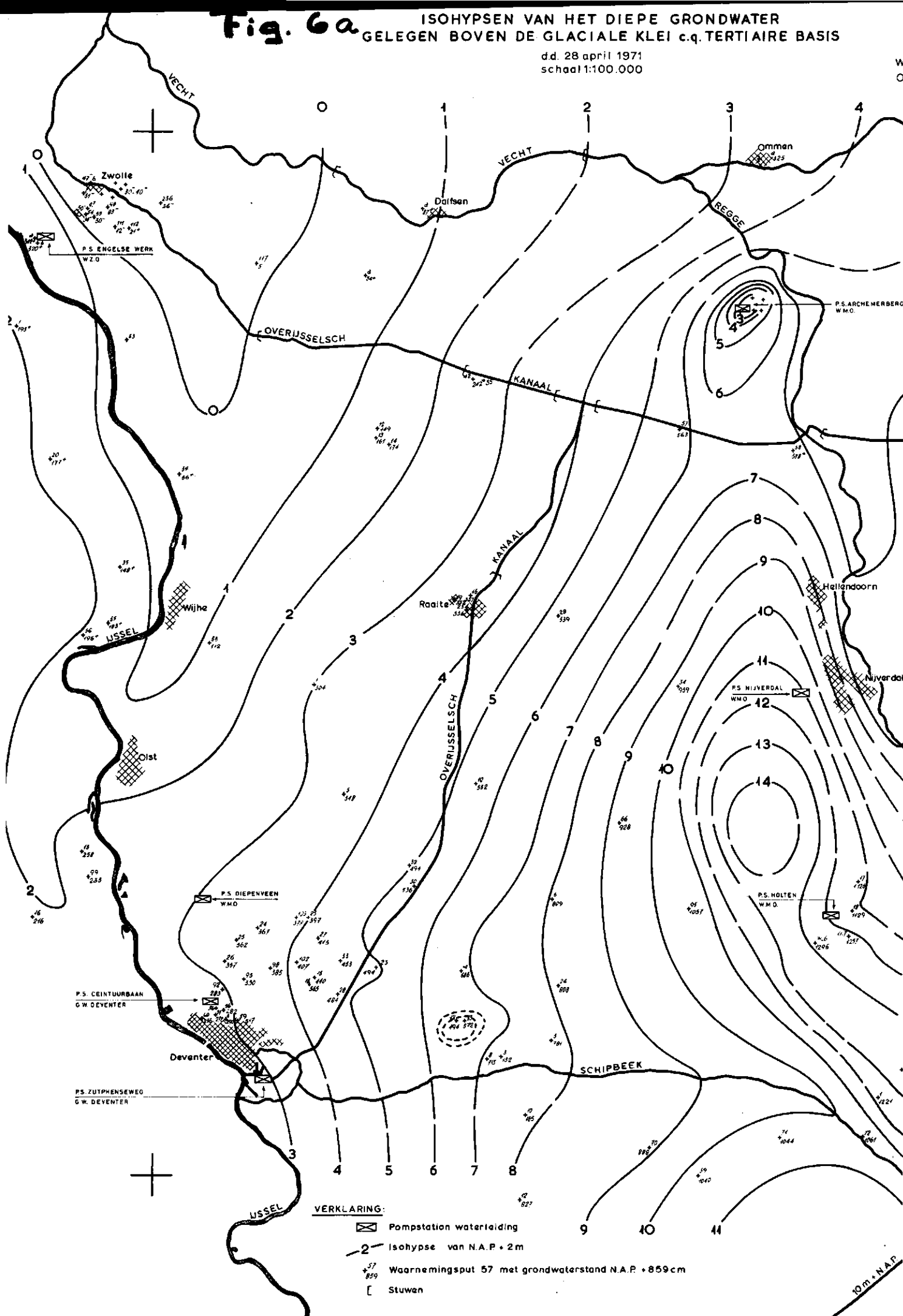
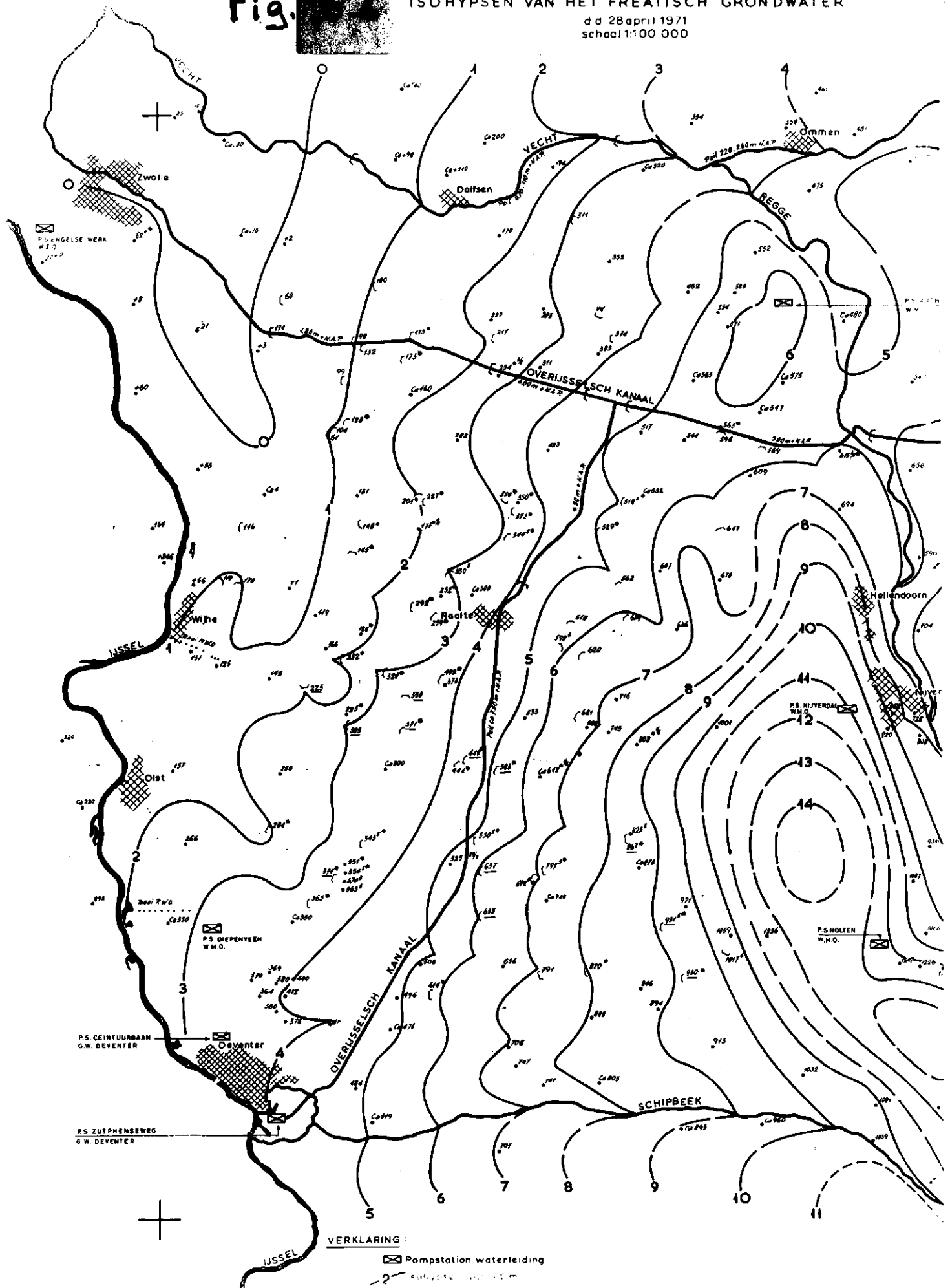
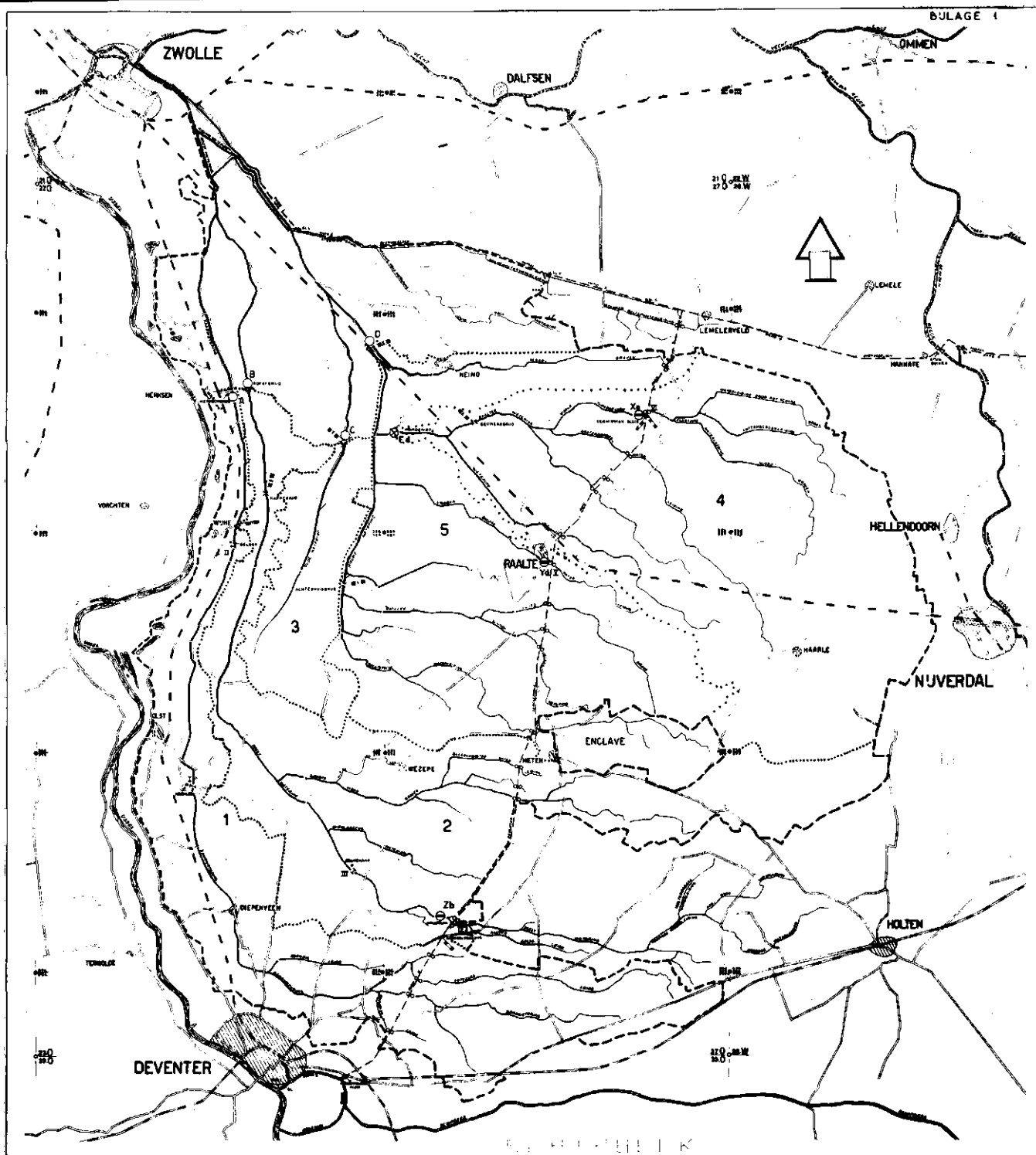


Fig. 164

ISOHYPSEN VAN HET FREATISCH GRONDWATER

d d 28 april 1971
schaal 1:100 000

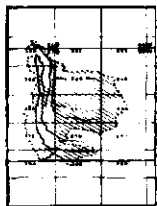




VERKLARING

- HOOFDSTROOM
- ZIJSTROOM
- STROOMGEBIEDSGRENS
- ADMINISTRATIEVE GRENS
- PRIMAIRE WATERSCHIEDING
- SECUNDAIRE WATERSCHIEDING
- RIMSPEILSCHAAL
- PEILSCHAAL MET OVERPELS NAH
- MEETPUNT IN DE HOOFDSTROOM
- MEETPUNT IN EEN ZIJSTROOM
- RIJSGRAAF
- VERHARDE WEG
- ONVERHARDE WEG
- KANAAL
- SPOORLIJN
- DIJK
- STUF
- BRUG

INDELING TOP NAMMEN



1: 25000
1: 50000

MEETGEBIED

STROOM	MEET- PUNT	PEL IN M	OPPE- NEN IN HA	TOTAAL OPP. IN HA
ZAND WATERING	A	1	6730	1
SOET WATERING	B	2	7380	2
OUDE WATERING	C	3	1790	3
HONDEWATERING	D	4	8450	4
MEETGEBIED	E	5	7450	5
TOTAAL		15	33000	17100



Fig. 7

STROOMGEBIED SALLANDSE WETERINGEN

OVERZICHTSKAART

R 24-2-07-3

RIJSWATERSTAAT	GET.	GEALD.	GE.	GEZ.
D.D.				13-11-57
DIR. ALGEMENE DIENST	PAR.			T
AFD. WATERHUISHOUDING	GEW.			T

SCHAAL 1:100 000

- Open afvoer

In Salland zijn door Rijkswaterstaat ook gedurende de periode 1958 tot en met 1960 beekafvoermetingen verricht. Met behulp van de Q-H krommen uit het rapport: Frequenties Afvoeren Sallandse Weteringen, R.W.S. (TROMP, 1958), is de hoeveelheid door beken afgevoerd water geschat. De metingen van R.W.S. hadden betrekking op de afvoergebieden die op fig. 7 staan aangegeven.

- Kunstmatig onttrokken grondwater

De hoeveelheid grondwater die in de periode 1958 tot en met 1960 kunstmatig onttrokken is, is zeer klein en is op 15 mm per jaar geschat. In Hoofdstuk III (pag. 29) wordt deze schatting verantwoord.

- Schatting van de laterale instroming

Alhoewel vaststaat dat het debiet van de grondwaterstroming een geringe invloed heeft op de waterbalans van Salland (LAMSVELT, 1968) is toch gepoogd alvast een schatting van de laterale instroming (I_{ss}) te maken, omdat deze stroming belangrijk is voor het mathematisch grondwaterstromingsmodel (Wet van Darcy; zie Hoofdstuk I). De heuvelrug ten oosten van Salland vormt het voornaamste brongebied waaruit de laterale stroming in de richting van de IJssel gevoed wordt.

De toegepaste rekenmethode is als volgt:
Volgens Darcy geldt voor het debiet q_x (per m') ter plaatse van x:

$$q_x = - (kD \text{ grad } h)_x$$

waarin: q_x het debiet in m^2/etm
 kD_x doorlatendheid x dikte doorstroomde laag in m^2/etm
 $\text{grad } h_x$ de gradiënt van de waterspiegel, dimensieloos

Voor Q over een afstand $x_2 - x_1$ geldt dan (zie fig. 8):

$$Q = - \int_{x_1}^{x_2} (kD \text{ grad } h)_x dx \quad m^3/etm$$

Grad h wordt uit de kaart opgemeten en de integraal wordt dan numeriek opgelost.

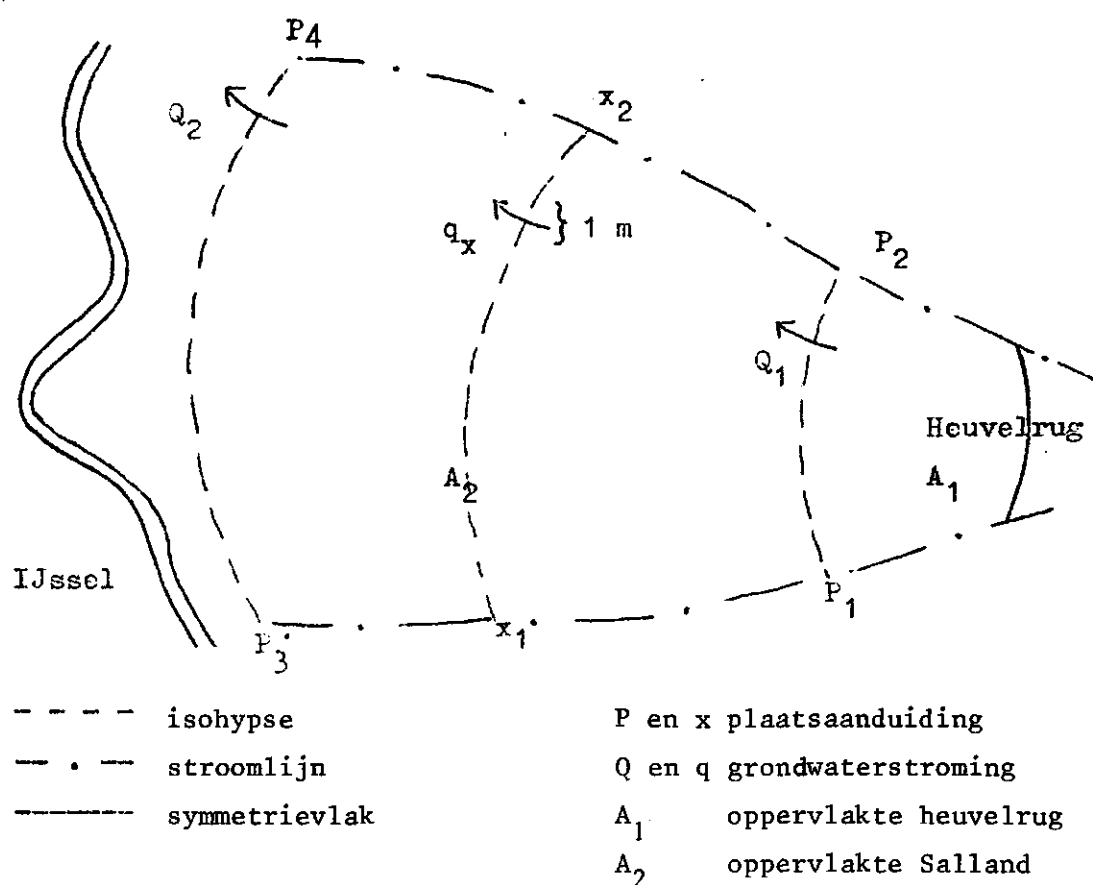


Fig. 8. Laterale stroming in Salland

Voor gebieden waar geen open afvoer is (heuvellug) geldt bovendien:

$$Q = \frac{\bar{N} - \bar{E}_{ac}}{365 \text{ dgn}} \times A \quad \text{m}^3/\text{etm}$$

waarin: $\bar{N} - \bar{E}_{ac}$ het jaarlijkse neerslagoverschot in m
 A de oppervlakte van het vanggebied in m^2

Voor Salland is een gemiddelde jaarlijkse waarde voor de laterale instroming als volgt te berekenen:

$$Q_1 = \frac{\bar{N} - \bar{E}_{ac}}{365} \times A_1 = - \int_{P_1}^{P_2} kD \text{ grad } h \, dx \quad m^3/etm$$

$$Q_2 = - \int_{P_3}^{P_4} kD \text{ grad } h \, dx \quad m^3/etm$$

$$\bar{I}_{ss} = \frac{Q_1 - Q_2}{A_2} \quad m/etm \text{ na omdraaiing van teken van } Q$$

\bar{I}_{ss} = de gemiddelde laterale instroming in Salland

De begrenzings $P_4 - P_3$ en $P_2 - P_1$ staan ook op fig. 8 aangegeven. Nu volgt de berekening van \bar{I}_{ss} voor heel Salland:

De heuvelrug ten oosten van Salland vormt een zeer groot waterreservoir. De grondwaterstanden komen er op grote diepte (10-30 m) voor, zodat de fluctuaties in neerslag en verdamping vertraagd en afgevlakt aan de kwelstroming doorgegeven worden. Om deze reden is bij de berekening van de laterale stroming uit dit gebied uitgegaan van gemiddelde neerslag en verdampinggegevens over een reeks van jaren (1955 t/m 1960).

De begroeiing van de heuvelrug bestaat voor tweederde uit naaldhout en voor eenderde uit heide. Om de actuele verdamping (E_{ac}) te berekenen geldt volgens Makkink: $E_{ac} = 0,75 E_o$ wanneer eerst voor heidegrond een reductie van 0,9 in rekening is gebracht.

Volgens het K.N.M.I. bedraagt de gemiddelde Penman-verdamping 657 mm/jaar en de gemiddelde neerslaghoeveelheid 738 mm/jaar. Bij een \bar{E}_o van 657 mm/jaar wordt de \bar{E}_{ac} dus:

$$E_{ac} = (2/3 + 1/3 \cdot 0,9) \times 0,75 \times 657 = 476 \text{ mm/jaar}$$

en het gemiddelde neerslagoverschot:

$$\bar{N} - \bar{E}_{ac} = 738 - 476 = 262 \text{ mm/jaar}$$

$$\text{Hieruit volgt voor } Q_1 = \frac{\bar{N} - \bar{E}_{ac}}{365} \times A_1 =$$

$$262.10^{-3} \times 30,3.10^6 / 365 = 21\,750 \text{ m}^3/\text{etm}$$

$$\text{Volgens } Q = - \int_{x_1}^{x_2} kD \text{ grad } h \, dx \text{ wordt } Q_2$$

$$Q_2 \approx kD \times \text{grad } h \times (P_4 - P_3) = 1000 \times 1/3000 \times 18.10^3 = 6000 \text{ m}^3/\text{etm},$$

De berekening is gebaseerd op de (naast de R.I.D. kaart van 1971 enige andere) isohypsenkaart van Salland, die door BON in 1954 gemaakt werd. Deze kaart kon om technische redenen niet worden toegevoegd. als wij stellen: $kD = 1000 \text{ m}^2/\text{etm}$ (vgl. fig. 10 en $\text{grad } h = 1:3000$ (vgl. fig. 6).

De gemiddelde laterale instroming voor Salland bedraagt dan:

$$\bar{I}_{ss} = \frac{Q_1 - Q_2}{A_2} = \frac{21\,750 - 6000}{339.10^6} = \frac{15\,750}{339.10^6} = 4,65.10^{-5} \text{ m/etm of}$$

$$0,013 \text{ m/jaar}$$

Waterbalansen

De waterbalansen voor de jaren 1958 tot en met 1960 zijn nu per jaar en per kwartaal samengevat. Uit tabel 2, blijkt de post *o n v e r k l a a r d* nogal variabel, hetgeen onder andere zal worden veroorzaakt doordat de laterale instroming van jaar tot jaar niet constant was en door een waarschijnlijke overschatting van het verdampingsoverschot in het droge jaar 1959.

Tabel 2. Waterbalans voor heel Salland (mm)

1958	NSLG	E_o	E_{ac}	$N-E_{ac}$	AFV	P	REST
1e kwartaal	216,2	60,0	38,3	177,0	176,9	3,5	- 2,5
2e kwartaal	168,8	280,6	167,4	1,4	45,9	3,8	- 48,3
3e kwartaal	365,7	270,0	215,7	150,0	66,8	4,2	79,0
4e kwartaal	145,1	34,5	29,0	116,1	86,8	3,5	25,8
	898,8	645,1	450,4	445,4	376,4	15,0	54,0
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		41,0

1959							
1e kwartaal	146,9	57,0	34,4	112,5	124,6	3,5	- 15,6
2e kwartaal	92,0	362,0	271,1	-125,1	42,4	3,8	-171,3
3e kwartaal	120,7	338,0	269,1	-148,4	3,3	4,2	-155,9
4e kwartaal	141,0	62,0	51,9	89,1	5,8	3,5	79,8
	500,6	819,0	572,5	- 71,9	176,1	15,0	-263,0
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		-276,0

1960							
1e kwartaal	125,1	67,0	42,4	82,7	48,1	3,5	31,1
2e kwartaal	140,0	323,0	194,3	- 54,3	29,7	3,8	- 87,8
3e kwartaal	298,5	239,0	191,4	107,1	90,6	4,2	12,3
4e kwartaal	312,5	40,0	33,2	279,3	235,2	3,5	40,6
	876,1	669,0	461,3	414,8	403,6	15,0	- 3,8
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		- 16,8

NSLG: neerslag				$N-E_{ac}$: neerslagoverschot			
E_o : Penman-verdamping				AFV : open afvoer			
E_{ac} : actuele verdamping				P(omp): kunstmatige onttrekking			

III. EEN GRONDWATERSTROMINGSMODEL VOOR SALLAND

3.1. Begrenzing van het gebied

Het model bestrijkt een oppervlakte van 400 km^2 , overeenkomend met het Waterschap Salland en een deel van het Waterschap de Schipbeek (zie fig. 4). De begrenzing van het model is als volgt:

- in het westen, de rivier de IJssel
- in het zuiden, de Schipbeek (gestuwd)
- in het oosten en noorden, een rand gevormd door middel van grondwaterstandspullen

Een meer natuurlijke afbakening van het gebied met behulp van de heuvelrug in het oosten en het Overijsselskanaal in het noorden kon niet worden genomen, omdat op de heuvelrug niet voldoende grondwaterstandsmetingen zijn verricht, en het kanaal dichtgeslibd is (dus niet reikend tot de ondoorlatende laag).

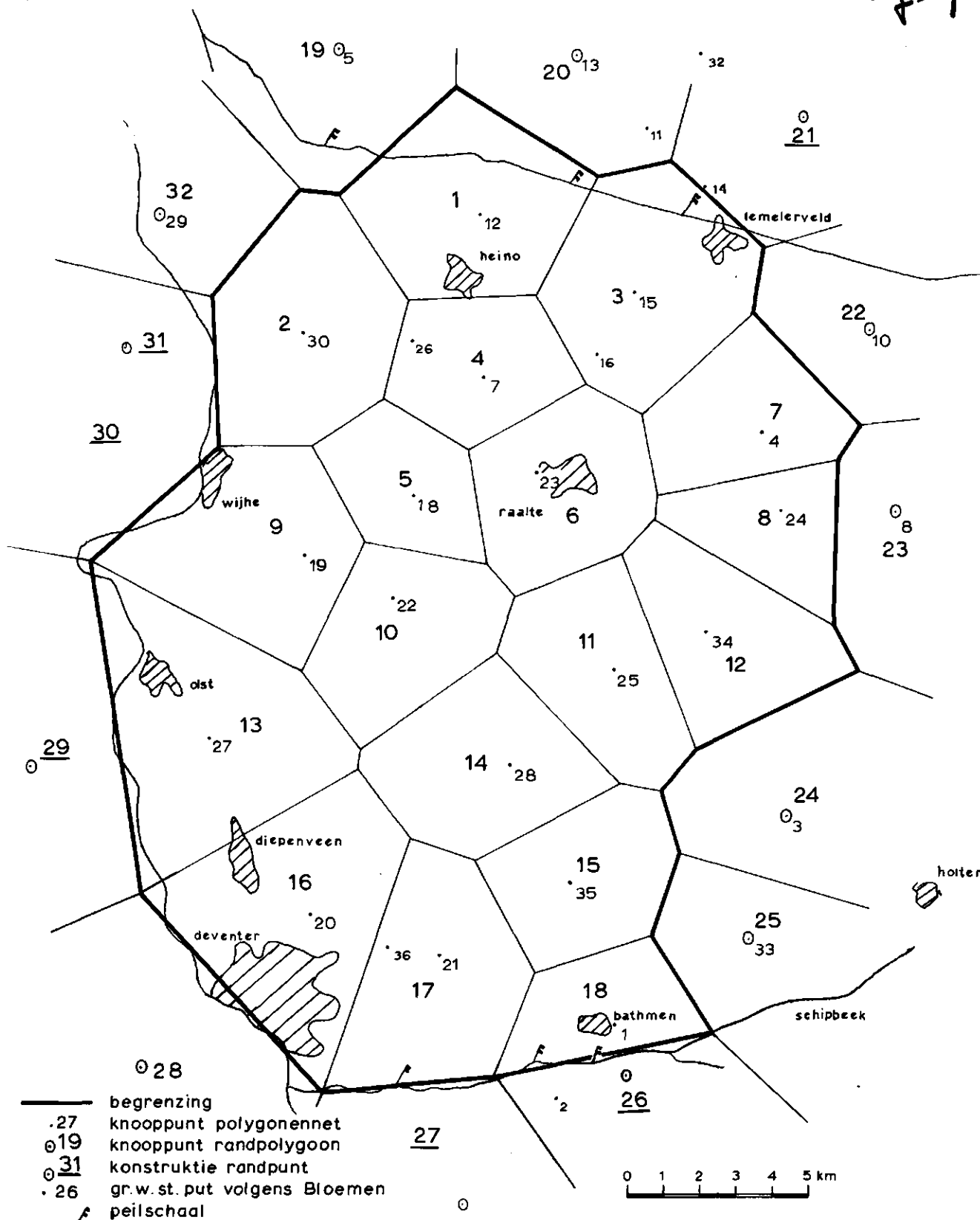
Het watervoerend pakket wordt aan de onderzijde afgesloten gedacht door de slechtdoorlatende laag uit de formatie van Drenthe. De ligging van deze laag in het oostelijke deel van Salland lijkt onzeker (POMPER, 1972). De dikte van het watervoerend pakket is gemiddeld 90 m. Plaatselijk komen wel horizontale kleilagen van beperkte afmetingen voor. Deze zijn echter weinig verbreid, zodat verticaal watertransport normaal zal plaatsvinden.

3.1.1. Indeling van Salland in polygonen

Het gebied is in 18 polygonen met bijbehorende knooppunten verdeeld; bovendien worden 14 randpolygonen onderscheiden om de relatie met de omgeving na te bootsen (zie fig. 9). Het zou ideaal zijn geweest de grootte van de polygonen aan de dichtheid van de isohypsen aan te passen. Echter, om interpolatie van gemeten grondwaterstanden te vermijden, is bij de polygoonindeling uitsluitend van de bestaande grondwaterstandspullen uitgegaan. De selectie van deze putten is gebaseerd op de mate van continuïteit in de beschikbare grondwaterstandsmetingen (putten met hiaten van meer dan 3 maanden in de metingen zijn buiten beschouwing gelaten), en op de evenredige spreiding over het gebied. Waar mogelijk, is rekening gehouden met de

POLYGONENNET SALLAND

Fig. 9



dichtheid van de isohypsen. Voor de geometrische eigenschappen van het polygonennet zie Bijlage 3.

3.1.2. Constructierandpunten

Om de rand van het polygonennet zo goed mogelijk te laten samenvallen met de IJssel en de Schipbeek is gebruik gemaakt van zogenaamde constructierandpunten (de nummers 26 t/m 31 en 21). De ligging van een dergelijk punt wordt uitsluitend bepaald door de gewenste begrenzing van het model.

Om de waarde van de grondwaterstroming door de randpolygoonzijden rekenkundig eenvoudig te kunnen vaststellen, wordt de waterstand van de IJssel of van de Schipbeek in het midden van een randpolygoonzijde overgebracht naar het betreffende constructierandpunt en voor de kD -waarde van de randpolygoonzijde tweemaal de werkelijke waarde in rekening gebracht. Voor de constructiepunten 30 en 31 zijn dezelfde coördinaten genomen. De grondwaterstanden zijn echter niet gelijk; voor het punt 30 wordt de waterstand van de IJssel ter plaatse van het midden van de randpolygoonzijde 9-30 genomen, voor punt 31 die van 2-31.

3.2. Verzameling van de gegevens

De kwaliteit van de resultaten van het model is afhankelijk van die van de invoergegevens. Veel benodigde gegevens worden afgeleid van waarnemingen (bijv. verdamping), zodat nauwkeurige bewerking van het beschikbare uitgangsmateriaal belangrijk is.

Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt, dat men voor het model over de volgende gegevens dient te beschikken:

A. Gegevens die niet in de tijd variëren:

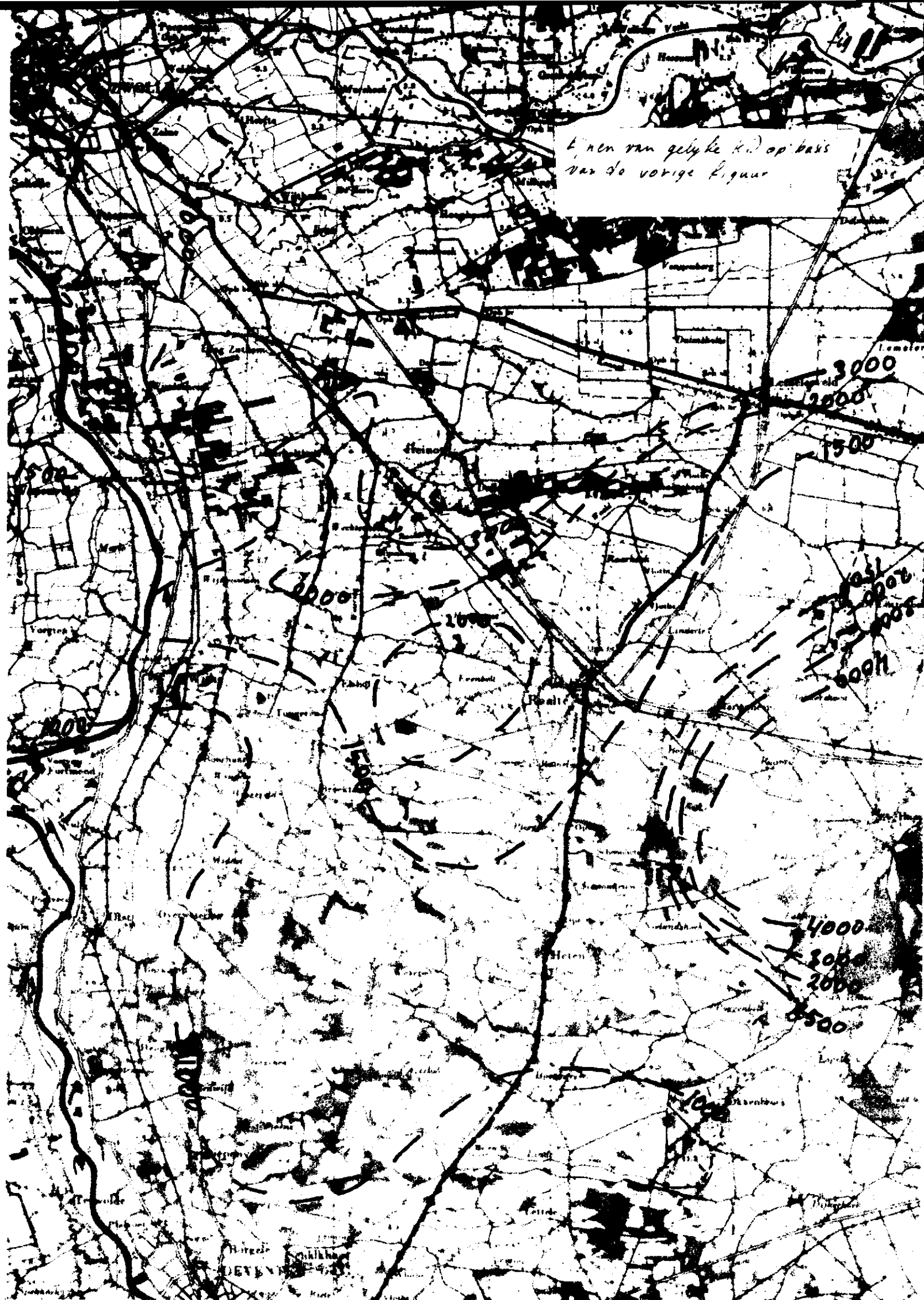
1. Oppervlakten en zijdelengten van alle polygonen, en de afstanden van ieder knooppunt van een polygoon tot de knooppunten of (constructie)randpunten van zijn omliggende polygonen.
2. Maaiveldshoogten van de knooppunten, i.e. grondwaterstandsputten.
3. De kD -waarden van alle polygoonzijden.
4. Een schatting van de diepte van de ontwateringsbasis per knooppunt, en van de gemiddelde beekafstand per polygoon.

- B. Gegevens die voor iedere periode bekend moeten zijn. Aangehouden tijdsperiode is 15 dagen^{x)}.
1. Waterstanden van de IJssel en de Schipbeek voor de constructie-randpunten.
 2. De grondwaterstanden in N.A.P. voor alle knooppunten en voor de randpunten van de noord- en oostzijde.
 3. De gemiddelde μ -waarde per polygoon.
 4. De neerslag- en verdampingsgegevens per polygoon.
 5. De kunstmatige onttrekkingen per polygoon.
- A.1. Uit de coördinaten van de grondwaterstandspunten worden de oppervlakten, de zijdelengten en de afstanden tussen de knooppunten berekend. Voor de berekening zie Bijlage 3.
- Voor Salland is de ligging van de grondwaterstandspunten aangegeven op de Overzichtskaart: Hydrologisch Onderzoek Concept Indeling Deelgebieden. Schaal 1:100 000 (okt. 1971). De ligging van de grondwaterstandspunten in coördinaten is vastgelegd door het aanbrengen van een vierkantsnet.
- A.2. De maaiveldshoogten van de knooppunten zijn nodig om hieraan de grondwaterspiegelbewegingen en ontwateringsbasisdiepten te kunnen relateren.
- De maaiveldshoogten van de grondwaterstandspunten zijn overgenomen uit de formulieren van de Dienst: Archief van Grondwaterstanden van T.N.O. in Delft. In Bijlage 1 staan de coördinaten en maaiveldshoogten van alle betreffende knooppunten vermeld.
- A.3. De kD -waarden voor het polygonennet zijn afgeleid van de volgende kaarten:
- Fig. 10. Voorlopige kD -waardenkaart van Salland (POMPER, 1972).
- Fig. 11. Van fig. 10 afgeleide kaart van lijnen van gelijke kD -waarden.

^{x)} Een tijdsperiode van 15 dagen is wellicht te groot ten opzichte van de karakteristieke tijd j . Voor bijvoorbeeld $kD=3000$, $\mu=.10$ en $L=1000$ bedraagt $j = \frac{u \cdot L^2}{\pi^2 kD} = 3$ etm. BON (1972) geeft echter j -waarden voor midden Salland variërend van 12 tot 30 etm.

410-
KD berekend uit geschatte k-waarde
an ditte uit geoelektrische metingen.





Voor de plaatsen waar de kD-waarden dichtbij of op het midden van de polygoonzijden gemeten zijn, is gebruik gemaakt van fig. 10, voor het merendeel echter zijn de gezochte waarden met behulp van fig. 11 door middel van interpolatie verkregen. Voor de resultaten zie fig. 12.

- A.4. De ontwateringsbasis en de gemiddelde beekafstand zijn gegevens die zeer moeilijk te verkrijgen zijn.

Omdat de meeste sloten op ongeveer 80 cm diepte zijn aangelegd, is als schatting van de ontwateringsbasis 80 cm onder maaiveld aangehouden. Voor de gemiddelde beekafstand is als eerste schatting 500 m aangenomen.

- B.1. De waterstanden van de IJssel over de periode 1958 tot en met 1960 zijn dag voor dag gemeten. Jaarboeken van deze gegevens zijn samengesteld en bij de Waterstaat, afd. Bovenrivieren, ter inzage. De meetpunten die voor Salland van belang zijn, zijn Deventer, Olst en Wijhe. Voor zover deze meetpunten samenvallen met het midden van een randpolygoonzijde, is van de 15 daagse gemiddelde waarden gebruik gemaakt. Vindt bovengenoemde coincidentie niet plaats dan zijn de benodigde waterstanden verkregen door rechtlijnige interpolatie.

De waterstanden van de Schipbeek zijn ter plaatse van de Bathmense en Bannink Stuw ook voor dezelfde periode van dag tot dag bijgehouden. Deze gegevens werden beschikbaar gesteld door het Waterschap de Schipbeek.

Omdat de Schipbeek een gestuwde beek is, kan voor de waterstand van de betreffende randpolygoonzijde die van het leidingvak van de beek genomen worden. In de praktijk blijkt namelijk deze stand over de lengte van het leidingvak zeer weinig te verschillen (enige cm's), zodat interpolatie achterwege kan blijven en de onderwaterstand van de respectievelijke stuw, natuurlijk weer als 15-daags gemiddelde, genomen kan worden.

Bovenstaande was alleen van toepassing op de randpolygoonzijden 17-27 en 18-26. Voor zijde 18-26 moest bovendien een gewogen gemiddelde van de waterstanden van drie verschillende leidingvakken genomen worden, omdat over de lengte van de randpolygoonzijde alle twee de stuwen liggen. Deze waterstanden zijn niet in deze studie opgenomen.

KD-WAARDEN VOOR GRONDWATERSTROMINGSMODEL



B.2.-B.4. De gemeten grondwaterstanden, de gemiddelde μ -waarde en het neerslagoverschot per polygoon worden hier gezamenlijk besproken. Vanwege:

- de moeilijkheid de actuele verdamping en de bergingscoëfficiënt per tijdsperiode nauwkeurig te schatten;
- het ontbreken van grondwaterstandsmetingen voor bepaalde punten in de beschouwde periode (soms zijn er hiaten van 3 maanden);
- het niet altijd samenvallen van de momenten waarop de grondwaterstandsmetingen zijn verricht met de aangehouden 15-daagse intervallen;
- de wens van mijn opdrachtgever het 'Waterbalansmodel' (zie onder) en het model De Ridder in één model onder te brengen;
- de geringe tijd die ik aan dit onderzoek kon besteden (3 maanden), is voor het verkrijgen van het neerslagoverschot, de bergingscoëfficiënt en de g e m e t e n grondwaterstanden per tijdsperiode voor alle knooppunten, gebruik gemaakt van het 'Waterbalansmodel' van het I.C.W. (VISSER, 1972) en (BLOEMEN, 1972). Dit model is bij het I.C.W. als computermodel ontwikkeld en stelt voor een enkel punt de processen vast die het water transporteren of vastleggen. Omdat de berekening puntsgewijs, dat wil zeggen voor iedere grondwaterstandsput afzonderlijk, geschiedt, ontbreekt de regionale samenhang tussen de grondwaterstromingen; een tekort dat door een polygonenmethode ondervangen wordt. Wel wordt het verschil in laterale aan- of afvoer berekend, maar de verdeling hiervan over beekafvoer en grondwaterstroming is niet duidelijk.

Bij het 'Waterbalansmodel' gaat men uit van functies voor de verdamping, de afvoer, de berging, de capillaire opstijging en de infiltratie, en vindt men door middel van vereffeningstechniek de waarden van de (15) parameters van deze functies. Als invoergegevens worden de neerslag en de Penman-verdamping gebruikt. De ijking van het model geschiedt met behulp van gemeten grondwaterstanden.

Ter illustratie van de uitkomsten van het 'Waterbalans'-model' geeft tabel 3 een vergelijkend overzicht van door het model berekende E_{ac} - en μ -waarden over de jaren 1958 en 1959 voor een willekeurige grondwaterstandspuit.

Tabel 3. Vergelijkend overzicht van door het 'waterbalansmodel' geproduceerde E_{ac} - en μ -waarden voor 1958 en 1969 voor een willekeurige grondwaterstandspuit

	1958				1959				1958	1959
	mm				mm				%	%
	E_o	$0,75^x E_o$	$E_{ac}^{1)}$		E_o	$0,75^x E_o$	$E_{ac}^{1)}$		$\mu^{1)}$	$\mu^{1)}$
jan.	4,6	3,5	4,1		4	3,0	3,8		15,4	16,5
febr.	17,9	13,4	13,4		10	7,5	15,8		16,0	16,8
mrt.	37,5	28,1	28,1		43	32,3	40,8		17,2	17,8
april	73,2	54,9	49,6		77	50,3	66,0		19,7	18,6
mei	97,3	73,0	68,5		132	99,0	94,2		19,8	20,9
juni	110,1	82,5	78,7		153	114,75	87,2		20,4	34,9
juli	114,7	86,0	78,5		148	111,0	80,4		20,7	42,8
aug.	89,0	66,8	63,8		105	78,8	68,6		19,8	37,5
sept.	66,3	49,8	48,8		85	63,8	51,2		19,1	22,6
okt.	27,6	20,7	19,8		46	34,5	25,4		17,8	21,7
nov.	5,7	4,3	6,4		9	6,8	7,6		17,3	20,0
dec.	1,2	0,9	2,2		7	5,3	4,4		17,2	19,4
	645,1	483,8	461,9		819	697,1	545,4		18,3	24,1= $\bar{\mu}$

1) berekend volgens het 'waterbalansmodel'

Voor ons model zijn met behulp van de computer voor alle knooppunten, i.e. grondwaterstandspuiten, steeds de verdamping, het neerslagoverschot en de berging als gemid-

delde over 15 dagen en de grondwaterstanden aan het eind van iedere 15-daagse periode uit het 'puntsmodel' berekend. Zie Bijlage 1 voor de beginwaterstanden waarmee ons model start.

Evenals in het 'Waterbalansmodel' het geval is, wordt ook in ons model verondersteld dat het neerslagoverschot volledig en zonder vertraging aan het grondwater ten goede komt.

- B.5. Door de geringe industriële activiteiten en de dunne bevolking in Salland zijn, zoals reeds in Hoofdstuk II werd vermeld, de hoeveelheden grondwater die in Salland onttrokken worden, gering. Een berekening van deze hoeveelheid is verricht op basis van het volgende:

De waterleidingmaatschappijen onttrekken hun water van onder de ondoorlatende laag, zodat deze hoeveelheden voor deze studie buiten beschouwing gelaten kunnen worden.

Dit is een consequentie van de opzet van ons model; of deze 'ondoorlatende laag' werkelijk geen water doorlaat valt te betwifelen.

De wateronttrekking door particulieren is geheel te verwaarlozen. De industriële onttrekkingen zijn derhalve als enige van belang voor onze gegevens. Administratie hiervan vond tot 1973 praktisch niet plaats, zodat de berekening over de periode 1958 tot en met 1960 niet erg nauwkeurig kan zijn.

Wat de afvoerkant van het onttrokken water betreft, is het onbekend, welk deel van de onttrekking weer ten goede komt aan het grondwater, welk deel het gebied verlaat, en welk deel beekafvoer wordt. In het algemeen mag echter gesteld worden dat zeer weinig water weer bij het grondwater terugkomt, en dat de fabrieken die langs de IJssel liggen - en dat is het merendeel - ook op de IJssel af laten.

Om schattingen van de grondwateronttrekkingen te kunnen maken is uitgegaan van een onderzoek dat door de Provin-

ciële Waterstaat onder de bedrijven in Salland in 1967 is verricht. De resultaten van dit onderzoek vermelden naast geschatte hoeveelheden ook het aantal pompen en de diepte vanwaar onttrokken wordt.

Voor de grote afnemers van grondwater zijn wij nagegaan hoeveel pompen er in de periode 1958 tot en met 1960 in bedrijf waren, en welke hun capaciteit was. Verder is onderzocht welke industrieën per seizoen verschillende hoeveelheden water onttrokken, en welke sinds 1958 drastische of trendmatige verandering in de bedrijfsvoering hadden ondergaan. Tot slot is de geringere wateronttrekking tijdens de bouwvakvakanties in de berekening betrokken.

Rekening houdend met bovenstaande informatie is toch nog een vrij gedifferentieerd beeld van de onttrekking verkregen in de periode 1958 tot en met 1960. Als gemiddelde waarde per jaar kan 15 mm worden aangehouden.

Voor de verzamelde informatie over de betreffende periode zie Bijlage 2.

IV. IJ KING EN TOEPASSING VAN HET GRONDWATERSTROMINGSMODEL

4.1. Computerprogramma

Voor het model, in theorie beschreven in hoofdstuk I, is een computerprogramma ontwikkeld. Buiten het oplossen van de vergelijkingen produceert dit programma de waterbalansen per polygoon en voor heel Salland, en worden de tijdstijghoogtelijnen van de door het model berekende grondwaterstanden en de historische, dat wil zeggen de door het 'Waterbalansmodel' geproduceerde grondwaterstanden grafisch weergegeven.

De basis voor dit programma werd gevormd door het computerprogramma van ZONDERVAN (1972), geschreven voor de oorspronkelijke vergelijkingen van De Ridder (verg. 4 hoofdst. I) voor de CDC 3300.

Voor uitvoerige informatie over het computerprogramma van ons model zie Bijlage 3.

4.2. IJking van het model

Zoals in de inleiding reeds is aangegeven geschiedt de modelijking door middel van verandering van bepaalde invoergegevens op zodanige wijze dat de grondwaterstanden die met het model berekend worden zo weinig mogelijk verschillen van de in het veld gemeten grondwaterstanden.

4.2.1. Keuze van de aanpassingsparameters

DE RIDDER (1968) gebruikte de kD -waarde per polygoonzijde en de gemiddelde μ -waarde van iedere polygoon als aanpassingsconstanten om zijn model te ijken.

Aangezien in Salland ondiepe grondwaterstanden voorkomen, waardoor het geheel aan laterale stroming ten opzichte van de beekafvoer zeer gering is en de kennis omtrent de kD -waarden in Salland redelijk genoemd mag worden, zijn niet de kD -waarden van alle polygoonzijden, maar parameters uit de functie voor de open afvoer in de waterbalansvergelijkingen voor alle knooppunten als aanpassingsparameters genomen.

Omdat wij de waarden van de bergingscoëfficiënten per polygoon niet als constanten beschouwen, maar ze voor iedere tijdsperiode betrekken van het 'Waterbalansmodel', komen deze coëfficiënten ook niet in aanmerking om als aanpassingsparameters dienst te doen.

De parameters die in de functie voor de open afvoer voorkomen, zijn:

- de equivalentlaagdikte (d)
- de gemiddelde beekafstand (L)
- de ontwateringsbasis (OB)

Maken we al deze parameters tot aanpassingsconstanten, dan zou dit voor het hele model betekenen, dat we 54 aanpassingsconstanten (3 x 18 polygoon) moeten hanteren.

Om de kans om tot een 'betrouwbare' aanpassing van het model te komen te vergroten, is het aantal aanpassingsparameters beperkt tot 36 door in de functie voor de open afvoer van iedere polygoon een coëfficiënt c in de plaats van $8kD/L^2$ te stellen; de ontwateringsbasis voor ieder knooppunt wordt dus als aanpassingsparameter gehandhaafd.

Het zoeken naar een optimale waarde voor de afvoercoëfficiënt per polygoon had vereenvoudigd kunnen worden door de waarde van de gemiddelde doorlatendheid van de polygoon in de beginschatting van deze coëfficiënt op te nemen. Echter, omdat de gemiddelde doorlatendheden voor alle polygoon niet onmiddellijk beschikbaar waren, is de gemiddelde kD -waarde per polygoon in de plaats van de gemiddelde k -waarde gesteld; de D -waarden in Salland lopen niet veel uiteen.

Zodoende krijgt men voor de functie voor de open afvoer uiteindelijk toch vergelijking (6) uit Hoofdstuk I (pag. 7), waarin L en OB als aanpassingsparameters per polygoon voorkomen. L verliest dan uiteraard zijn strikte betekenis van gemiddelde beekafstand. L , na correctie, is waarschijnlijk groter dan de L te velde doordat radiale weerstanden optreden.

4.2.2. Uitvoering van de model ijking

De model ijking is verricht op basis van: (alles gerekend over de periode 1958 t/m 1960)

- Visuele vergelijking van de tijdstijghoogtelijnen van respectievelijk de door het model berekende grondwaterstanden en de 'historische' grondwaterstanden van alle polygonen.
- De standaardafwijking per polygoon tussen de bovengenoemde grondwaterstanden, gespecificeerd per kwartaal, per jaar en over drie jaar.
- De waterbalansen op kwartaalbasis voor alle polygonen en voor het gebied in zijn geheel.

De ijking werd na vier computerruns beëindigd om een voorlopige evaluatie mogelijk te maken.

Tabel 4 geeft voor alle polygonen een overzicht van de parameterwaarde voor de ontwateringsbasis -als eerste schatting en na ijking-, van de uiteindelijke waarde voor de gemiddelde beekafstand (de eerste schatting bedroeg 500 m), en van de uiteindelijke waarde voor de afvoercoëfficiënt. Deze laatste waarde wordt voor iedere polygoon vergeleken met de afvoercoëfficiënt uit de lineaire afvoerterm zoals die door Bloemen met het 'Waterbalansmodel' voor iedere grondwaterstandsput is berekend.

4.2.3. Evaluatie van de model ijking

Fig. 13 geeft een voorbeeld van de computer-uitvoer voor de verschillende tijdstijghoogtelijnen voor een willekeurige polygoon. Beoordeling van deze lijnen als vereffeningstechniek is in combinatie met de foutenberekening en de waterbalansen voor alle polygonen illustratief, maar voor de geoefende vereffenaar wellicht overbodig.

De standaardafwijking is berekend als:

$$FOUT = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_{hist.} - h_{ber.})^2}{n - 1}}$$

waarin: $h_{hist.}$ = de 'historische' grondwaterstandsmeting
 $h_{ber.}$ = de door het model berekende grondwaterstand
 n = het aantal waarnemingen

Tabel 4. Overzicht van de parameterwaarde voor de ontwateringsbasis (OB) - als eerste schatting en na ijking - van de uiteindelijke waarden voor de gemiddelde beekafstand (L) (de eerste schatting bedroeg 500 m) en van de uiteindelijke waarde voor de afvoercoëfficiënt (c) voor alle polygonen (I). In de laatste kolom staat de afvoercoëfficiënt uit de lineaire afvoerterm, zoals die door Bloemen met het 'waterbalans-model' voor iedere grondwaterstandspuit is berekend.

I	OB voor m + NAP	OB na	L na m	c na etm ⁻¹	c Bloemen etm ⁻¹
1	1.84	1.84	3000	.0030	.0318
2	- .30	- .30	2500	.0031	.1090
3	4.31	4.31	2500	.0030	.0630
4	2.09	1.90	1000	.0199	.0310
5	2.20	2.20	2000	.0034	.0655
6	3.31	3.20	2000	.0033	.1545
7	7.10	6.60	1000	.0180	.0100
8	7.01	6.00	3500	.0023	.1140
9	1.86	1.50	2000	.0025	.0150
10	2.97	2.70	1000	.0107	.0535
11	6.92	6.60	1200	.0070	.0001
12	7.92	7.70	3000	.0029	.0805
13	2.98	2.40	1200	.0058	.0265
14	5.66	5.66	450	.0418	.0540
15	7.06	6.90	750	.0135	.0587
16	4.42	4.42	750	.0140	.0150
17	5.49	5.49	750	.0144	.0970
18	7.59	7.59	2000	.0020	.0135

Na ijking bedroeg de standaardafwijking:

15 cm voor de gemiddelde fout over drie jaar

24 cm voor de maximale fout over drie jaar

Deze waarden van de gemiddelde en maximale fout komen overeen met de waarden die Bloemen met het 'Waterbalansmodel' bereikte. Hieruit volgt dat een betere ijking van ons model niet noodzakelijkerwijze hoeft te leiden tot een fysisch juister model. Voor een gedetailleerde opgave van de waterbalansen en de fouten per polygoon van het geijkte model zie Bijlage 4.

HALF MAANDELYKSE G.W.S. VAN 1958, 1959, 1960

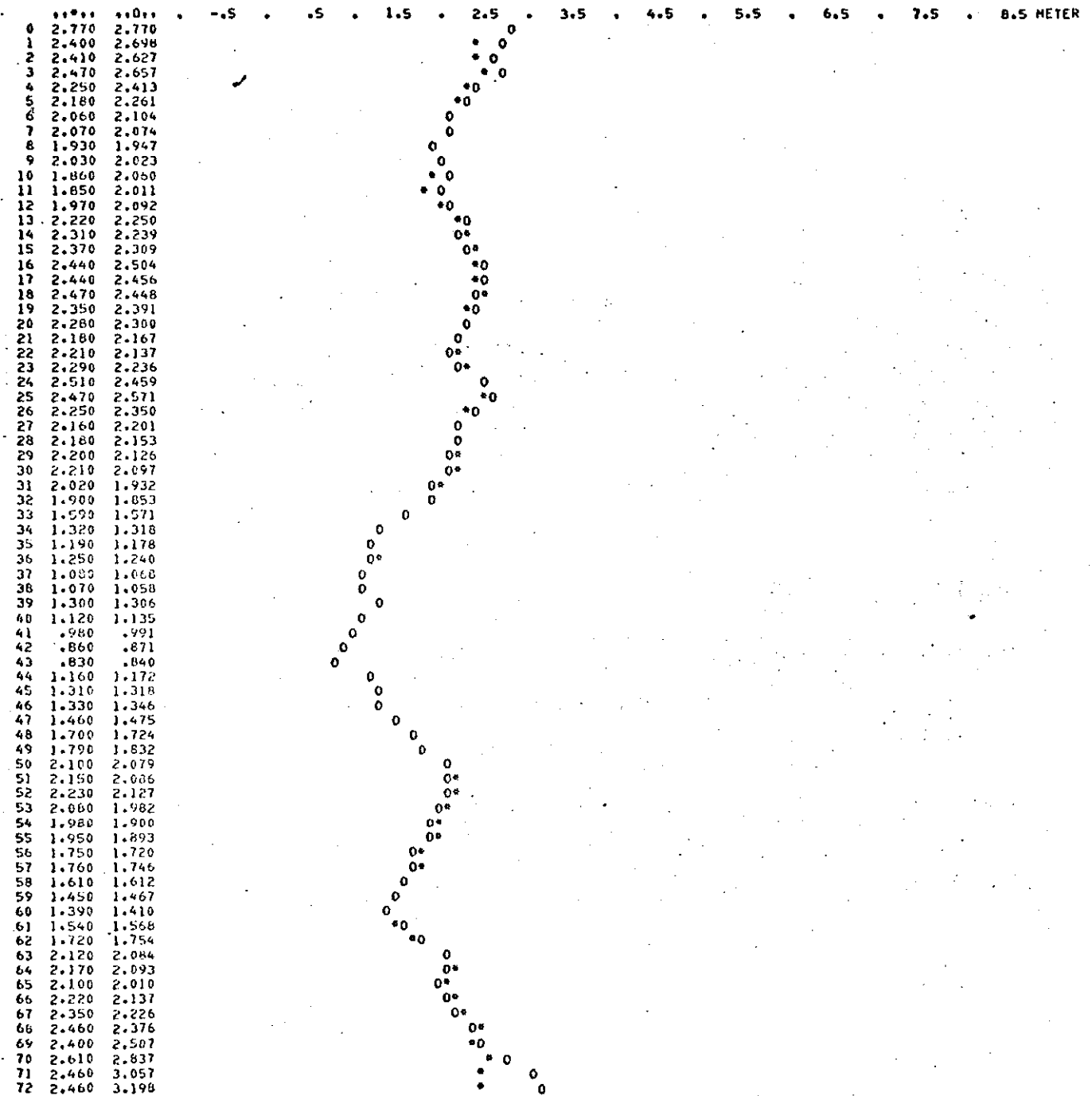
0 STELT EEN GEMETEN G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.

0 STELT EEN BEREKENDE G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.

DE GEMIDDELTE BEEKAFSTAND BEDRAAGT 3000. M

DE AFVOER COEFFICIENT BEDRAAGT .0030 ETM-1

MAALVELOSHOOGTE 2.64 M ONTBASIS 1.84 M • N.A.P.



Waar berekende en gemeten grondwaterstanden dezelfde waarden hebben wordt alleen een '0' geplot.

Fig. 13

Tabel 5

WATERBALANS VOOR HEEL SALLAND

JAAR	1958	LATERALE INSTR.		BERGINGSVERAND.		NSLG-VERDAMP.		POMP		OPEN AFVOER	
		3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M
KWARTAAL	1	2665.89	.0066	-35982.69	-.0890	38376.94	.0949	1433.20	.0035	75593.37	.1869
KWARTAAL	2	2402.05	.0059	-9599.76	-.0237	7108.60	.0176	1564.29	.0039	17546.45	.0434
KWARTAAL	3	1139.29	.0028	20790.03	.0514	69586.61	.1720	1508.03	.0037	48427.68	.1197
KWARTAAL	4	1149.16	.0028	3637.27	.0090	56388.51	.1394	1412.69	.0035	52488.29	.1298
TOTAAL		7356.39	.0182	-21155.15	-.0523	171460.65	.4239	5918.22	.0146	194055.79	.4798
JAAR	1959	LATERALE INSTR.		BERGINGSVERAND.		NSLG-VERDAMP.		POMP		OPEN AFVOER	
		3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M
KWARTAAL	1	1680.27	.0042	-15197.98	-.0376	39333.81	.0972	1433.20	.0035	54778.30	.1354
KWARTAAL	2	2032.24	.0050	-47633.38	-.1178	-42681.76	-.1055	1564.29	.0039	5419.09	.0134
KWARTAAL	3	1650.26	.0041	-27045.08	-.0669	-25089.55	-.0620	1544.18	.0038	2060.61	.0051
KWARTAAL	4	684.02	.0017	39858.22	.0985	45033.38	.1113	1412.69	.0035	4445.70	.0110
TOTAAL		6046.80	.0149	-50018.24	-.1237	16595.88	.0410	5954.37	.0147	66703.70	.1649
JAAR	1960	LATERALE INSTR.		BERGINGSVERAND.		NSLG-VERDAMP.		POMP		OPEN AFVOER	
		3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M	3 3 10 M	M
KWARTAAL	1	1368.98	.0034	12455.03	.0308	32532.89	.0804	1433.20	.0035	20014.42	.0495
KWARTAAL	2	1099.87	.0027	-19904.53	-.0492	-13674.58	-.0338	1564.29	.0039	5765.70	.0143
KWARTAAL	3	1049.62	.0026	37579.23	.0929	76729.66	.1897	1487.28	.0037	38713.00	.0957
KWARTAAL	4	629.08	.0016	29717.11	.0735	141763.16	.3505	1412.69	.0035	111260.95	.2751
TOTAAL		4147.54	.0103	59846.85	.1480	237351.13	.5868	5897.47	.0146	175754.07	.4345
1958 1959 1960		17550.72	.04	-11326.54	-.03	425407.67	1.05	17770.06	.04	436513.56	1.08

4.2.4. Evaluatie aan de hand van de Waterbalans voor heel Salland

Tabel 5 geeft de waterbalans voor heel Salland zoals die door het model na ijking is geproduceerd.

Ter vergelijking is de waterbalans uit hoofdstuk II (tabel 2) als tabel 6 toegevoegd.

Uit vergelijking van de twee tabellen blijkt dat de door het model berekende hoeveelheden aan^x:

Laterale stroming

- als jaargemiddelde geheel overeenstemt met de eerder gemaakte schatting;
- inderdaad in orde van grootte zeer klein is ten opzichte van de open afvoer.

Open afvoer

- zeer redelijk overeenkomen met de metingen van R.W.S.;
in tabel 7 zijn de verschillende waarden bijeengezet en zijn de onderlinge verschillen berekend. Hierbij valt op dat:
- het 2e kwartaal volgens de modelberekeningen altijd te laag uitkomt;
- de overige kwartalen altijd te hoog uitkomen volgens het model;
- dat een nadere afwijking ten opzichte van de gemeten waarden op grond van de berekende verschillen niet systematisch is te noemen.

Vergelijking op basis van de gegevens van R.W.S. over de verschillende stroomgebieden is niet mogelijk, omdat de indeling in stroomgebieden niet overeenkomt met onze polygoonindeling (zie fig. 14).

Nadere beschouwing van tabel 5 afzonderlijk leert ons onder andere het volgende:

^xVergelijking van de twee tabellen laat ook zien dat de hoeveelheden aan neerslagoverschot door het 'Waterbalansmodel' optimistischer worden berekend dan met behulp van de gE_0 berekening volgens Bloemen (zie pag. 9)

Tabel 6. Waterbalans voor heel Salland (mm)

1958	NSLG	E_o	E_{ac}	$N-E_{ac}$	AFV	P	REST
1e kwartaal	216,2	60,0	38,3	177,9	176,9	3,5	- 2,5
2e kwartaal	168,8	280,6	167,4	1,4	45,0	3,8	- 48,3
3e kwartaal	365,7	270,0	215,7	150,0	66,8	4,2	79,0
4e kwartaal	145,1	34,5	29,0	116,1	86,8	3,5	25,8
	898,8	645,1	450,4	445,4	376,4	15,0	54,0
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		41,0

1959							
1e kwartaal	146,9	57,0	34,4	112,5	124,6	3,5	- 15,6
2e kwartaal	92,0	362,0	271,1	-125,1	42,4	3,8	-171,3
3e kwartaal	120,7	338,0	269,1	-148,4	3,3	4,2	-155,9
4e kwartaal	141,0	62,0	51,9	89,1	5,8	3,5	79,8
	500,6	819,0	572,5	- 71,9	176,1	15,0	-263,0
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		-276,0

1960							
1e kwartaal	125,1	67,0	42,4	82,7	48,1	3,5	31,1
2e kwartaal	140,0	323,0	194,3	- 54,3	29,7	3,8	- 87,8
3e kwartaal	298,5	239,0	191,4	107,1	90,6	4,2	12,3
4e kwartaal	312,5	40,0	33,2	279,3	235,2	3,5	40,6
	876,1	669,0	461,3	414,8	403,6	15,0	- 3,8
				Af: Laterale instroming			13,0
					onverklaard		- 16,8

NSLG: neerslag				$N-E_{ac}$: neerslagoverschot			
E_o : Penman verdamping				AFV : open afvoer			
E_{ac} : actuele verdamping				P(omp): kunstmatige onttrekking			

Tabel 7. Vergelijking van de modeluitkomsten betreffende beekafvoer met de gegevens van Rijkswaterstaat

	Kw.	Model	RWS	Verschil	
		mm	mm	mm	%
1958	1	186.9	176.9	10.0	5.6
	2	43.4	45.9	- 2.5	5.4
	3	119.7	66.8	52.9	79.2
	4	129.8	86.8	43.0	49.5
totaal		479.8	376.4	103.4	27.4
1959	1	135.4	124.6	10.8	8.7
	2	13.4	42.4	- 29.0	68.4
	3	5.1	3.3	1.8	54.5
	4	11.0	5.8	5.2	89.6
totaal		164.9	176.1	- 11.2	6.4
1960	1	49.5	48.1	1.4	2.9
	2	14.3	29.7	- 15.4	51.8
	3	95.7	90.6	5.1	5.6
	4	275.1	235.2	39.9	17.0
totaal		434.5	403.6	30.9	7.7

1. De laterale stroming:

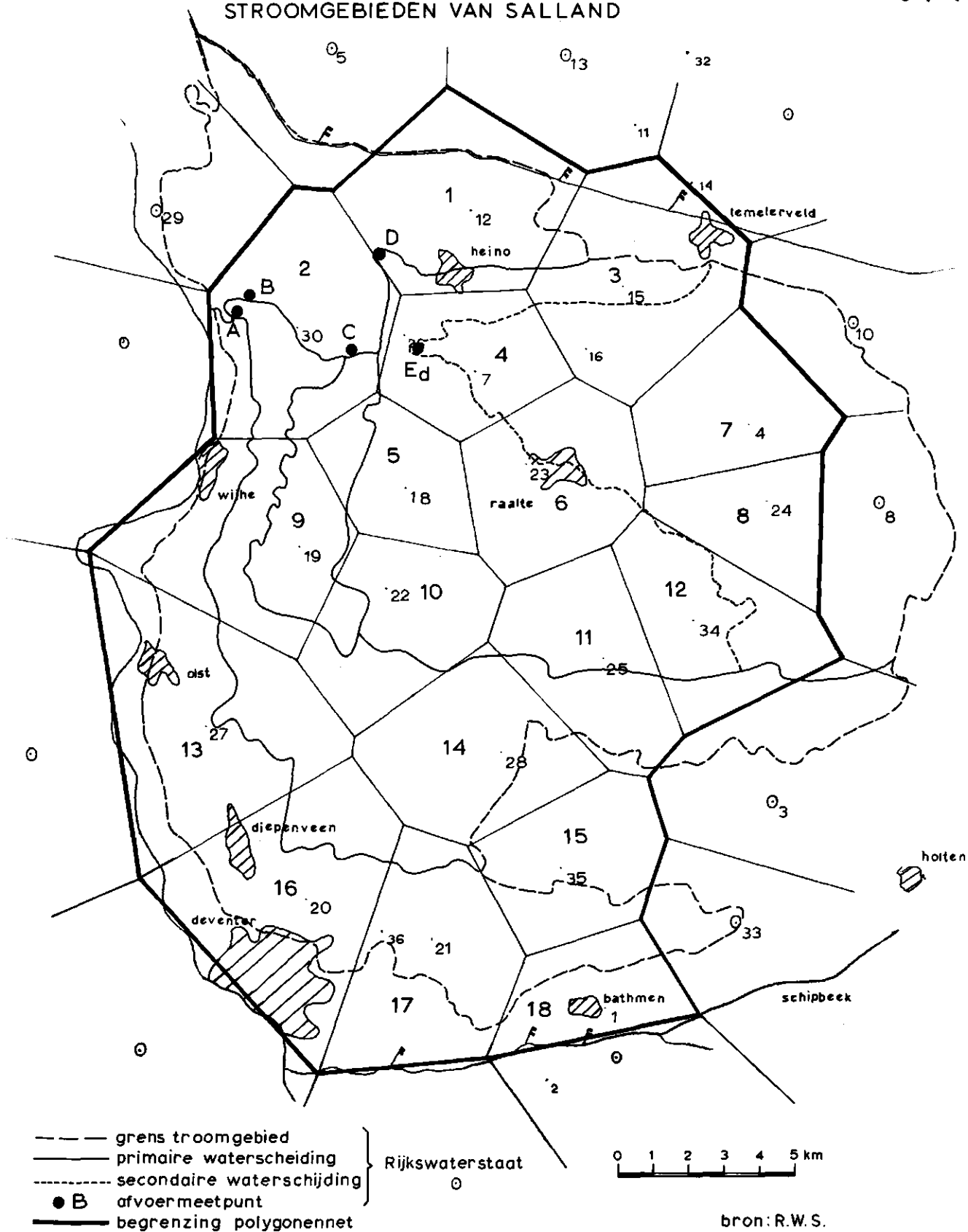
- Deze is als jaargemiddelde constanter dan enig andere waterbalansterm (Pomp niet meegerekend).
- Een vertraagde invloed van het droge jaar is aanwijsbaar.
- De verschillen over de kwartalen zijn opmerkelijk groot.

2. De bergingsverandering:

- Deze is voor een reeks van jaren vrijwel nul, maar
- voor afzonderlijke jaren bepaaldelijk niet gelijk aan nul.
- De jaarlijkse verschillen zijn 5 à 10 maal groter dan die in de post laterale stroming.

POLYGOON INDELING BINNEN DE STROOMGEBIEDEN VAN SALLAND

fig. 14



3. De open afvoer:

- Er is een sterke reactie op de verandering van het neerslagoverschot.

Deze waterbalans laat zien dat toekomstig grote onttrekkingen ten kosten van de open afvoer zullen gaan.

4.2.5. De hydrologische relatie tussen Salland en zijn omgeving

Met behulp van de computer is ook uitgerekend welke waterhoeveelheden door de rand van het begrensde gebied per kwartaal in- of uitgaan. Tabel 8 geeft het overzicht.

Rand 1 is gerekend vanaf polygoonzijde 2-32 t/m polygoonzijde 16-28

Rand 2 is gerekend vanaf polygoonzijde 17-27 t/m polygoonzijde 18-26

Rand 3 is gerekend vanaf polygoonzijde 18-25 t/m polygoonzijde 3-22

Rand 4 is gerekend vanaf polygoonzijde 3-21 t/m polygoonzijde 2-19

Uit tabel 8 blijkt dat:

- bij lage IJsselstanden (1959) veel water naar de IJssel wordt afgevoerd (de KD -waarden nabij de IJssel bedragen $\pm 1000 \text{ m}^2/\text{etm}$);
- in een droog jaar minder water naar de Schipbeek afwatert;
- de instroming vanuit de heuvelrug zeer constant is en een vertraagde invloed van verandering in weersomstandigheden ondergaat;
- de uitstroming naar de IJssel en de Schipbeek direct reageert op weersverandering;
- de uitstroming in het noorden groot is als we in aanmerking nemen dat de begrenzing aldaar volgens de isohypsenkaart nagenoeg samenvalt met een stroomlijn.

4.2.6. Modelgevoeligheid voor veranderingen in de waarden van de aanpassingsparameters

In verband met toekomstige model ijkings is nagegaan wat de gevoeligheid van het model is voor verandering in de waarden van de gemiddelde beekafstand en de ontwateringsbasis.

Deze toetsing is verricht op polygoon 14; onderzocht is het effect van de veranderingen op deze polygoon zelf en op de omliggende polygonen.

Tabel 8

LATERALE INSTROMING DOOR DE RAND VAN HET BESCHOUWDE GEBIED VAN SALLAND

RAND 1 LANGS DE IJSSSEL RAND 2 LANGS DE SCHIPBEEK
RAND 3 LANGS DE HEUVELRUG RAND 4 LANGS TWENTE KANAAL

JAAR	1958	RAND 1		RAND 2		RAND 3		RAND 4		NETTO IN
		3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	
KWARTAAL	1	801204.	8902.26	-652094.	-7245.49	3272966.	36366.29	-756186.	-8402.06	2665890.
KWARTAAL	2	191317.	2125.75	-325504.	-3616.72	3242806.	36031.18	-706564.	-7850.72	2402055.
KWARTAAL	3	-481708.	-5352.31	-420777.	-4675.30	2978856.	33098.40	-937085.	-10412.05	1139286.
KWARTAAL	4	-463756.	-5152.84	-618921.	-6876.90	3129064.	34767.38	-897228.	-9969.20	1149159.
TOTAAL		47057.	130.71	-2017297.	-5603.60	12623692.	35065.81	-3297063.	-9158.51	7356390.

JAAR	1959	RAND 1		RAND 2		RAND 3		RAND 4		NETTO IN
		3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	
KWARTAAL	1	-51222.	-569.13	-695180.	-7724.22	3283760.	36486.22	-857086.	-9523.18	1680272.
KWARTAAL	2	-493911.	-5487.91	-321298.	-3569.98	3468113.	38534.59	-620664.	-6896.27	2032240.
KWARTAAL	3	-900256.	-10002.84	-109993.	-1222.14	3170969.	35232.99	-510458.	-5671.75	1650262.
KWARTAAL	4	-1678774.	-18653.05	144679.	1607.55	2817397.	31304.42	-599281.	-6658.68	684021.
TOTAAL		-3124163.	-8678.23	-981791.	-2727.20	12740239.	35389.55	-2587490.	-7187.47	6046795.

JAAR	1960	RAND 1		RAND 2		RAND 3		RAND 4		NETTO IN
		3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	3 M	3 M/ETM	
KWARTAAL	1	-486167.	-5401.85	-149481.	-1660.90	2724682.	30274.24	-720058.	-8000.65	1368976.
KWARTAAL	2	-976737.	-10852.63	-149376.	-1659.73	2845551.	31617.23	-619573.	-6884.14	1099865.
KWARTAAL	3	-309677.	-3440.85	-537054.	-5967.26	2526052.	28067.25	-629702.	-6996.69	1049620.
KWARTAAL	4	246664.	2740.71	-1042597.	-11584.41	2488850.	27653.89	-1063841.	-11820.45	629076.
TOTAAL		-1525917.	-4238.66	-1878508.	-5218.08	10585135.	29403.15	-3033173.	-8425.48	4147537.

1958 1959 1960 -4603023. -4262.06 -4877596. -4516.29 35949066. 33286.17 -8917726. -8257.15

INSTROMING IN HEEL SALLAND OVER DE GEHELE PERIODE 17550722. M3 OF 16250.67 M3/ETM

Tabel 9 geeft een overzicht van de resultaten. Opgemerkt kan worden:

- de omliggende polygonen zijn zeer ongevoelig voor veranderingen in polygoon 14;
- de reactie op verandering van de ligging van de ontwateringsbasis in de beschouwde polygoon zelf is zeer direct;
- pas bij grote verandering van de gemiddelde beekafstand is een reactie in polygoon 14 merkbaar.

Bij zeer grote waarde voor de afvoercoëfficiënt werkt het model niet meer deugdelijk; de in het model ingebouwde bewerking om negatieve afvoer te voorkomen functioneert dan niet meer adequaat. Dit tekort dient nog verholpen te worden, alhoewel er de praktische zekerheid bestaat dat het model voor normale omstandigheden goed functioneert.

4.2.7. Conclusie

De prestaties van ons model voor wat de produktie van hydrologische gegevens in Salland betreft, komen zeer redelijk overeen met eerder gedane metingen en/of veronderstellingen. Hieruit kunnen we concluderen dat ons model redelijk representatief voor de omstandigheden in Salland voor de periode 1958 tot en met 1960 geacht mag worden.

Bij het verrichten van extrapolaties (toekomst-simulaties) moet men natuurlijk de resultaten met voorzichtigheid beoordelen.

De model ijking zoals die tot nu toe is verricht, is gemakkelijk te verbeteren dat wil zeggen aanpassing van door het model berekende grondwaterstanden aan 'historische' grondwaterstanden is nog te verbeteren. Uit tabel 9 blijkt dat invloed van verandering van aanpassingsparameters in de ene polygoon de aanpassingsresultaten van de omliggende polygonen praktisch niet beïnvloed. Dit houdt in dat men, indien van een matig vereffend model wordt uitgegaan, verbetering in de aanpassing kan krijgen door de polygonen afzonderlijk uit te testen. Dit is een belangrijke vereenvoudiging van het vereffeningsprobleem, die alleen maar geldt voor die gevallen waar de laterale stroming in vergelijking tot de andere posten van de waterbalans klein is.

Tabel 9. Testresultaten voor de test op de aanpassingsparameters

Test op ontwateringsbasis, knooppunt 14

OB	OA	Fout (m)							nr. knoop- punt
van de omliggende knooppunten									
14	m	14	10	11	13	15	16	17	
5.06	1.46	.525	.105	.197	.207	.084	.083	.111	
5.36	1.37	.264	.104	.196	.207	.088	.081	.112	
5.66	1.29	.163	.103	.196	.207	.095	.080	.113	
5.96	1.21	.378	.102	.196	.207	.101	.079	.114	

Test op gemiddelde beekafstand

L	c	OA	Fout (m)							nr. knoop- punt
			van de omliggende knooppunten							
14	14	m	14	10	11	13	15	16	17	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
100	.846	1.28	.182	.103	.196	.207	.095	.080	.113	
450	.042	1.29	.163	.103	.196	.207	.095	.080	.113	
1000	.008	1.26	.286	.101	.195	.207	.098	.079	.113	
2000	.002	1.08	.843	.101	.195	.207	.111	.077	.115	

OB : ontwateringsbasis (m t.o.v. NAP)

OA : open afvoer (m)

L : gemiddelde beekafstand (m)

c : afvoercoëfficiënt (etm^{-1})

Fout : standaardafwijking (m)

13 : nr. knooppunt

Maaiveldshoogte van put 14: 6,46 m

Zoals reeds gezegd is het niet zeker dat een betere vereffening tot een fysisch juister aangepast model zal leiden, enerzijds omdat vereffeningstechniek alleen rekenkundig een optimale aanpassing zoekt volgens één bepaald criterium, anderzijds omdat wij voor wat de invoergegevens betreft afhankelijk zijn van schattingen.

4.3. Simulaties

De gesimuleerde onttrekkingen zijn bedoeld om de mogelijkheid van toekomstig grotere onttrekkingen in Salland na te gaan. Deze mogelijkheid wordt beoordeeld op basis van door het model geproduceerde grondwaterstanden. Een diepe grondwaterstand zal op den duur landbouwschade veroorzaken.

Omdat wij niet beschikten over eventuele toekomstplannen voor wat het grondwatergebruik in Salland betreft, hebben wij ons tot het beproeven van enige onderling afwijkende onttrekkingspatronen beperkt om een globale indruk van de invloed van kwantitatief grotere onttrekkingen te krijgen.

De simulaties zijn verricht over een periode van drie jaar. Voor de benodigde invoergegevens hebben wij gebruik gemaakt van gegevens over de periode 1958 tot en met 1960; enerzijds omdat het model met deze gegevens getoetst is, anderzijds omdat deze gegevens betrekking hebben op een afwisseling van zeer droge en zeer natte perioden.

4.3.1. Beperkingen van het model

Bij de beoordeling van de resultaten van de simulaties, moet men zich rekenschap geven van het volgende:

- De verdampingsgegevens en de bergingscoëfficiënten zijn als numerieke waarden ingevoerd en liggen dus onafhankelijk van eventuele nieuwe invloeden vast. Dit tekort kan worden opgelost door de verdamping en de berging als functies in het model in te bouwen. Deze bewerking is voorlopig uitsluitend mogelijk indien men over de waarden van de parameters van deze functies beschikt. Dus met bijvoorbeeld het 'Waterbalansmodel' is op eenvoudige wijze verbetering in ons model aan te brengen.

- Het model is niet in staat de puntsgewijze onttrekking zoals die in de praktijk voorkomt, na te bootsen, maar beschouwt iedere onttrekking als een diffuse onttrekking.
Aangezien het effect van diffuse onttrekkingsmethoden plaatselijk minder schade oplevert voor de landbouw, is het een goede eigenschap van het model. Het wachten is slechts op navolging in de praktijk.
- Er is gebruik gemaakt van dezelfde invoergegevens als voor de jaren 1958 tot en met 1960. Hieruit volgt dat de reactie van (grond)-waterstandshoogten van de randpunten op de veranderde omstandigheden in de knooppunten niet verondersteld is. Binnen zekere grenzen is deze veronderstelling juist; de heuvelrug echter is geen onuitputtelijk reservoir.

4.3.2. Onttrekkingspatronen

De volgende onttrekkingspatronen per jaar zijn aan het model aangeboden:

1. $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in alle polygonen
2. $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in alle polygonen
3. $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in alle polygonen
4. $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in alle polygonen
5. $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in de polygonen 2, 6, 9, 13 en 16; in de overige polygonen $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
6. $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water in de polygonen 2, 6, 9, 13 en 16; in de overige polygonen $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Het onttrekkingspatroon van simulatie 5 en 6 is zo gekozen in de veronderstelling dat de gebieden waarin de polygonen 2, 6, 9, 13 en 16 liggen, voor industriële vestiging het meest aantrekkelijk zijn.

4.3.3. Resultaten

Tabel 10 geeft een overzicht van de verkregen resultaten. Getoond wordt voor alle polygonen:

- het aantal keren dat de grondwaterstand meer dan 1,00 m onder maaiveld daalt. Het totaal aantal grondwaterstandswaarnemingen in de beschouwde periode bedraagt 72;

Tabel 10. Het effect van kunstmatige onttrekking op de grondwaterspiegel voor verschillende onttrekkingspatronen

Poly- goon	Na ijking		$1 \times 10^6 \text{ m}^3$		$2 \times 10^6 \text{ m}^3$		$4 \times 10^6 \text{ m}^3$		$8 \times 10^6 \text{ m}^3$		Poly- gonen		$1 \times 10^6 \text{ m}^3$		$4 \times 10^6 \text{ m}^3$		$1 \times 10^6 \text{ m}^3$		$8 \times 10^6 \text{ m}^3$		Onttrekkingspa- troon	
	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
1	19	.141	20	.147	24	.189	32	.387	39	.956			20	.149			20	.153			20	.153
2	0	.179	0	.173	0	.173	2	.195	18	.361	2		2	.188			14	.305			14	.305
3	27	.127	33	.192	35	.293	39	.537	47	1.113			34	.197			34	.205			34	.205
4	19	.197	22	.184	27	.182	40	.304	60	1.001			22	.181			25	.178			25	.178
5	14	.119	18	.134	27	.259	36	.693	56	1.805			20	.158			23	.215			23	.215
6	13	.162	13	.131	20	.078	34	.235	41	.921	6		31	.138			31	.565			31	.565
7	70	.248	70	.243	71	.273	71	.481	71	1.264			70	.243			71	.242			71	.242
8	21	.223	25	.258	30	.316	41	.464	61	.905			27	.259			27	.261			27	.261
9	23	.150	23	.117	29	.100	35	.224	43	.786	9		33	.179			43	.614			43	.614
10	29	.102	34	.129	41	.216	51	.536	63	1.397			45	.139			45	.164			45	.164
11	49	.195	49	.222	54	.331	62	.677	68	1.795			49	.226			50	.233			50	.233
12	30	.113	34	.171	39	.293	47	.591	63	1.374			36	.175			36	.180			36	.180
13	59	.207	61	.205	62	.202	64	.203	64	.274	13		64	.203			65	.267			65	.267
14	25	.162	33	.147	34	.154	44	.383	61	1.198			29	.147			29	.146			29	.146
15	27	.094	37	.126	40	.266	44	.604	67	1.665			37	.126			37	.127			37	.127
16	37	.080	23	.174	30	.110	39	.118	48	.504	16		39	.099			47	.431			47	.431
17	19	.113	23	.101	28	.127	40	.334	54	.962			23	.101			23	.102			23	.102
18	29	.210	29	.216	31	.285	44	.537	64	1.295			29	.216			29	.216			29	.216

onttrekkingspatroon $2 \times 10^6 \text{ m}^3$: in iedere polygoon wordt $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ water onttrokken

onttrekkingspatroon $1 \times 10^6, 4 \times 10^6, 4 \times 10^6 \text{ m}^3$: in de polygonen 2, 6, 9, 13 en 16 wordt $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ water onttrokken; in de overige polygonen $1 \times 10^6 \text{ m}^3$

N: aantal keren op de 72 dat de grondwaterstand meer dan 1,00 m onder maaiveld daalt

F: afwijking ten opzichte van de historische grondwaterstanden uit de periode 1958 t/m 1960 (m)

- de afwijking van de gesimuleerde grondwaterstanden ten opzichte van de 'historische' grondwaterstanden uit de periode 1958 tot en met 1960. Dit gegeven mag bij benadering geïnterpreteerd worden als het aantal meters dat de gesimuleerde tijdstijghoogtelijn gemiddeld lager ligt dan de tijdstijghoogtelijn uit de periode 1958 tot en met 1960.

Uit de tabel blijkt dat:

- bij een onttrekking van 10^6 m^3 water per jaar in acht gevallen en bij een onttrekking van $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water per jaar in zes gevallen een betere aanpassing van berekende aan 'historische' grondwaterstanden wordt verkregen. Dit wil zeggen dat de model ijking verbeterd moet worden.
- een serieuze invloed van kunstmatige onttrekking merkbaar wordt als $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water of meer per jaar per polygoon onttrokken wordt.
- bij gebieden langs de IJssel zelfs bij grotere onttrekkingen geen belangrijke grondwaterstandsaling optreedt.

Ter illustratie van het effect van grotere onttrekkingen op het gedrag van de grondwaterstand in een willekeurige polygoon geeft fig. 15 een vergelijking van de tijdstijghoogtelijn zoals die volgens het model ontstaat wanneer $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water per jaar in alle polygonen onttrokken wordt, met die uit de periode 1958 tot en met 1960.

Tot slot geeft tabel 11 een overzicht van de laterale stroming door de verschillende zijden van het gebied en van de veranderingen van de waterbalansposten (behalve voor de post neerslagoverschot die zoals boven vermeldt niet verandert) onder invloed van de verschillende onttrekkingen.

Uit de tabel blijkt dat toenemende exploitatie (dat wil hier zeggen: buiten het gebied brengen) van het grondwater tot gevolg zal hebben dat:

- de beekafvoer zeer sterk zal teruglopen
- de grondwaterberging afneemt
- de laterale instroming toeneemt
- de IJssel en de Schipbeek steeds minder water vanuit Salland gaan ontvangen en zelfs in geval van grotere onttrekkingen als leveran-

cier van water zullen gaan functioneren. Hierbij is de rol van de Schipbeek dominant (hogere waterstanden) en die van de IJssel voorlopig te verwaarlozen;

- het waterreservoir van de heuvelrug uitgeput zal raken indien geen maatregelen worden getroffen (kunstmatige infiltratie).

Voor een uitgebreider overzicht van de gevolgen van grotere kunstmatige onttrekkingen in Salland zijn voor verschillende onttrekkingspatronen in Bijlage 5 waterbalansen en overzichten van laterale instroming ondergebracht.

Zoals reeds eerder gezegd dient interpretatie van deze gegevens met de nodige voorzichtigheid te geschieden.

4.3.4. Conclusie

Onderstaande conclusie geldt alleen voor zover het model een goede weergave van de fysische werkelijkheid is.

Toenemende exploitatie, in een laag tot ± 70 m diepte, van het grondwater in Salland zal in de eerste plaats ten koste gaan van de open afvoer.

Een serieuze invloed van kunstmatige onttrekkingen op het gedrag van de grondwaterspiegel in Salland wordt merkbaar indien $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ of meer water per jaar per polygoon onttrokken gaat worden. Deze hoeveelheid komt overeen met een gemiddelde waterschijf van 18 cm per jaar.

Als kunstmatige onttrekkingen langs de IJssel plaats gaan vinden, zullen zij niet spoedig aanleiding tot grondwaterstandsdaalingen geven.

Grote kunstmatige onttrekkingen in Salland zullen op den duur slechts mogelijk zijn als aanvulling van het grondwaterreservoir in de heuvelrug plaats vindt.

Tabel 11. Overzicht van de laterale stroming door de verschillende zijde van het gebied en van de veranderingen van de waterbalansposten onder invloed van verschillende onttrekkingen

Onttrek- kingspa- troon	Jaar	Laterale instroming						Berg. veran- de- ring	Open af- voer
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Tot.	Tot.		
		10 ⁶ m ³				10 ⁶ m ³	m	m	m
na ijking	1958	.05	-2.02	12.62	-3.30	7.36	.018	-.052	.480
	1959	-3.12	-0.98	12.74	-2.59	6.05	.015	-.124	.165
	1960	-1.53	-1.88	10.59	-3.03	4.15	.010	.148	.435
		-4.60	-4.88	35.95	-8.92	17.55	.043	.028	1.080
1 x 10 ⁶ m ³	1958	.07	-1.84	12.92	-3.21	7.95	.020	-.055	.454
	1959	-3.11	- .68	13.23	-2.36	7.08	.018	-.137	.152
	1960	-1.65	-1.43	11.25	-2.68	5.49	.014	.158	.399
		-4.68	-3.94	37.39	-8.24	20.53	.051	-.034	1.005
2 x 10 ⁶ m ³	1958	.18	-1.56	13.25	-3.09	8.77	.022	-.059	.416
	1959	-2.91	- .22	13.73	-2.06	8.53	.021	-.162	.136
	1960	-1.43	- .75	12.14	-2.22	7.73	.019	.176	.342
		-4.16	-2.54	39.11	-7.38	25.04	.062	-.045	.895
4 x 10 ⁶ m ³	1958	.39	- .89	14.03	-2.86	10.67	.026	-.067	.342
	1959	-2.47	.78	14.78	-1.45	11.64	.029	-.213	.107
	1960	-0.88	.79	14.12	- .96	13.07	.032	.204	.240
		-2.96	.68	42.93	-5.27	35.38	.088	-.076	.689
8 x 10 ⁶ m ³	1958	.88	.89	16.14	-2.27	15.63	.039	-.108	.219
	1959	-1.42	3.89	18.16	- .10	20.53	.051	-.317	.058
	1960	.89	4.64	19.46	2.25	27.24	.067	.224	.080
		.36	9.42	53.75	- .12	63.40	.157	-.201	.356
1 x 10 ⁶ en 4 x 10 ⁶	1958	.38	-1.83	12.92	-3.19	8.28	.021	-.059	.423
	1959	-2.51	-0.67	13.23	-2.33	7.72	.019	-.156	.136
	1960	- .99	-1.42	11.28	-2.64	6.23	.015	.172	.350
		-3.13	-3.93	37.44	-8.16	22.22	.055	-.043	.909
1 x 10 ⁶ en 8 x 10 ⁶	1958	.85	-1.83	12.93	-3.17	8.77	.022	-.066	.382
	1959	-1.56	- .67	13.25	-2.27	8.74	.022	-.186	.120
	1960	.40	-1.41	11.33	-2.57	7.75	.019	.185	.292
		- .32	-3.92	37.50	-8.01	25.25	.062	-.067	.793

LITERATUUR

- BLOEMEN, G.W., 1970. Berging, afvoer en verdamping in de Gelderse Achterhoek volgens grondwaterstandsanalyse. In: Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied. Tweede interim-rapport Commissie ter bestudering van de Waterbehoefte van de Gelderse Landbouwgronden, Arnhem. Deelrapport 9.
- 1972. Een numerieke oplossing van de parameters in de Waterbalansvergelijking I, nota 664 ICW.
- BON, J., 1972. De hydrologie van Groot Salland. Nota 694 ICW.
- LAMSVELT, L.A., 1968. Grondwaterwinning in de provincie Overijssel (voorlopige conclusies). Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening.
- POMPER, A.B., 1972. Toelichting bij een voorlopige kD-waardenkaart van Salland. Ter inzage op kamer 215 van het ICW.
- RIDDER, N.A. DE, 1968. Simulation of the Varamin Groundwater Basin, Iran, on a digital computer. U.N.D.P. FAO.
- TROMP, N.W., 1958. Rapport inzake een onderzoek naar de frequenties van afvoeren in het stroomgebied van de Sallandse Weteringen. Rijkswaterstaat, Dienst voor de Waterhuishouding.
- VISSER, W.C., 1972. Waterhuishoudingsonderzoek door middel van computermodellen, nota 698 ICW.
- ZONDERVAN, C., 1972. 'Lijst' van een computerprogramma behorend bij een nog niet voltooide studie.

Coördinaten, maaiveldshoogten en 1e grondwaterstandshoogten voor de verschillende knooppunten

Grondwaterstandsput			Coördinaten		Maaiveld	Grondwater-
knooppunt			m	m	NAP	stand
I	code	Bl.	CO(I,1)	CO(I,2)	m	jan. 1958
	TNO					NAP
						m
1	321 1-29	12	12 850	27 700	2,64	2,77
2	338 1-12	30	7 950	24 450	,50	,63
3	339 1-28A	15	17 100	25 550	5,11	5,10
4	339 1-07	7	12 950	23 200	2,89	2,75
5	357 1-36	18	11 000	19 900	3,00	2,91
6	339 1-20	23	14 400	20 550	4,11	3,98
7	340 1-56	4	20 650	21 700	7,90	7,37
8	358 1-23	24	21 200	19 500	7,81	7,72
9	356 1-16	19	8 000	18 300	2,66	2,49
10	357 1-48	22	10 400	17 100	3,77	3,47
11	357 1-02	25	16 550	15 100	7,72	7,67
12	357 1-20	34	19 100	16 200	8,72	8,77
13	375 1-20A	27	5 350	13 200	3,78	3,52
14	376 1-20	28	13 700	12 450	6,46	6,12
15	376 1-70	35	15 350	9 200	7,86	7,47
16	375 1-14	20	8 200	8 300	5,22	4,68
17	395 1-31	21	11 750	7 150	6,29	5,96
18	338 1-4	1	16 650	5 200	8,39	8,39
19	320 1-03c	5	8 950	32 300		
20	321 1-B	13	15 500	32 100		
21	KRP		21 800	30 400		
22	340 1-29	10c	23 600	24 500		
23	358 1-16	8	24 350	19 450		
24	377 1-03B	3	21 350	11 050		
25	396 1-07c	33	20 300	7 600		
26	KRP		16 950	3 800		
27	KRP		12 450	250		
28	KRP		3 550	4 100		
29	KRP		450	12 500		
30	KRP		3 050	24 000		
31	KRP		3 050	24 000		
32	320 1-11	29	3 950	27 750		

Overzicht van de kunstmatige onttrekkingen in Salland voor de verschillende polygonen over de periode 1958 tot en met 1960.

Grondwateronttrekkingen per jaar in m³ binnen onderzoeksgebied (Prov. Waterstaat)

Naam	Aantal bronnen	Diepte v/d bronnen	Totale onttrekking	Koelwater	X = water-meters
DEVENTER					
1. Noury en v/d Lande, O.C.I.	14	+ 36 m	2 546 400	2 546 400	X
2. Ned. Diepdrukindustrie	4	+ 35 m	400 000	400 000	
3. Thomassen-Drijver en Verblifa	3	(1 à 120 m (2 à 40 m)	150 000 150 000	300 000	
4. Vleeswarenfabriek Stegeman	2	+ 100 m	195 000	55 000	
5. Distributiecentr. IJsseldal	1	?	18 000	18 000	
6. Crane, fittingfabriek	1	+ 38 m	135 000	135 000	X
7. Coöp. Condensfabriek G.O.	8	+ 40 m	1 800 000	1 530 000	
8. Drukkerij Salland	2	+ 15 m	55 000	50 000	
9. Hunink	(6 (5	+ 20 m 104-115 m	340 000	100 000	
			5 789 400 =====	5 134 400 =====	

DIEPENVEEN					
1. Zuivelfabriek Colmschate	2	28 m	55 000 =====	35 000 =====	

HELLENDORP-NIJVERDAL					
1. Textielfabriek Nijverdalen-ten Cate	24	40 m	1 672 180	172 180	X
2. Zuivelfabriek Twente	5	18 m	270 000	240 000	
3. IJsfabriek De Valk	6	?	600 000	600 000	
4. Ned. Stoomblekerij	?	?	806 400	40 000	
			3 348 580 =====	1 052 180 =====	

Bijlage 2 (vervolg)

Naam	Aantal bronnen	Diepte v/d bronnen	Totale onttrekking	Koelwater	X = water- meters
RAALTE					
1. Slachterij Niezing Nijhof	2	10 m	30 000	24 000	
2. Hevea rubberfabriek	5	30 m	120 000	120 000	
3. Vleescons. Lupack	4	28 m	90 000	13 000	
4. Zuivelfabriek Heeten	?	?	120 000	108 000	
5. Zuivelfabriek Raalte	?	?	770 000	700 000	
			1 130 000	965 000	
			=====	=====	

OLST					
1. Bakhuis Olba Vleeswaren	1	35 m	280 000	220 000	X
2. Zendijk Vleeswaren	3	26 m	514 800	514 800	
3. Salland Vleeswaren	2	32 m	110 000	50 000	X
4. Olster Asfaltfabriek	1	45 m	130 000	130 000	
5. Steenbruggen beregening	1	14 m	4 500		
6. Zuivelfabriek Olst	3	40 m	50 000	12 500	
7. Zuivelfabriek Wesepe	6	40 m	284 400	200 000	
8. Jansen Vleeswarenfabriek					
Wesepe	5	30- 40 m	145 600	70 000	
			1 519 300	1 197 300	
			=====	=====	

WIJHE					
1. Zuivelfabriek Wijhe	3	18, 20 en 30 m	39 000	25 000	
2. G. Hunink Vleesfabriek	1	30 m	75 000	75 000	
3. Albert Heijn Vleesfabriek	3	?	27 225	27 225	
4. Linoleumfabriek	8	35 m	250 000	225 000	
			391 225	352 225	
			=====	=====	
Waterleidingbedrijf Deventer					
Pompstation W.M.O. bij Diepenveen		+ 3 000 000 m ³ + 1 400 000 m ³			

Kunstmatige onttrekkingen

Polygoon	Naam	1970	factor	1958-1960
16	Noury	2 546 400 m ³	10/14	1 820 000 m ³
	Diepdr.	400 000	3/4	300 000
	Thomassen	150 000	1	150 000
	IJsseldal	18 000	1/2	9 000
	Crane	135 000	3/4	102 000
	Condens	1 800 000	5/8	1 125 000
	Salland	55 000	3/4	41 000
	Hunink	170 000	1	150 000
				3 697 000 m ³
17	Zuivelfabr.	55 000	1	50 000 m ³
6	Niezing	30 000	1	25 000 m ³
	Hevea	120 000	3/4	90 000
	Lupack	90 000	2/3	60 000
	Zuivelfabr.	770 000	1/2	380 000
				555 000 m ³
11/14	Heeter Zuivel	120 000	3/4	90 000 m ³
13	Pakhuis	280 000	.3	84 000 m ³
	Zendijk	514 800	.3	150 000
	Salland	111 000	1	110 000
	Olster Asfalt	130 000	3/4	100 000
	Zuivelfabr.	50 000	3/4	37 000
				481 000 m ³
10/14	Zuivel Wezepe	284 000	3/4	200 000 m ³
	Jansen vlees	145 000	1/2	100 000
				300 000 m ³
9	Zuivelfabr.	39 000	1/2	20 000 m ³
	Hunink	75 000	3/4	55 000
	Alb. Heyn	27 225	3/4	20 000
	Linoleum	250 000	3/4	180 000
				275 000 m ³
18	Melkfabr.	300 000	1	300 000 m ³
1	Melkfabr.	300 000	1	300 000 m ³

Karakteristiek van onttrekkingspatroon door het jaar voor vlees- en zuivelfabrieken

Stel de onttrokken hoeveelheid in het 3e kwartaal op 100, dan liggen de verhoudingen van de onttrokken hoeveelheden over de verschillende kwartalen als volgt:

1e kwartaal	60
2e "	80
3e "	100
4e "	60

Bouwvakvakantie: 1958 van 12/7 tot 21/7
1959 van 18/7 tot 27/7
1960 van 9/7 tot 18/7

Kunstmatige onttrekking per periode in m³

Kwartaal	Polygoon	1	6	9	10	11	13	14	16	17	18
1		10 000	19 250	10 667	5 000	1500	16 865	6 500	154 000	1667	10 000
2		13 300	23 900	11 615	6 500	2000	20 675	8 500	154 000	2167	13 300
3		18 200	31 600	13 197	9 000	2700	22 860	11 700	154 000	3000	18 200
4		10 000	19 250	10 667	5 000	1500	16 865	6 500	154 000	1667	10 000
Totaal		51 500	94 050	46 146	25 500	7700	77 265	33 200	616 000	8500	51 500

Kwartaal Nummer van de periode

1	1 -6	24 -30	48-54
2	6 -12	30 -35	54-60
3*	12	36 -37,8	60-61,4
3	12,5-18	38,2-42	62-66
4	18 -24	42 -48	66-71
Jaar	1958	1959	1960

*onderbreking vanwege de bouwvakvakantie

Computerprogramma

De verschillende onderdelen zijn:

- Program Polygon I: Berekening van de oppervlakten en zijdelengten van alle polygonen, en van de afstanden van ieder knooppunt van een polygoon tot de knooppunten of de (constructie)-randpunten van zijn omliggende polygonen. Dit is een afzonderlijk computerprogramma afkomstig uit het computerprogramma van ZONDERVAN (1972), geschreven voor de oorspronkelijke vergelijkingen van De Ridder (verg. 4 hoofdst. I) voor de CDC 3300.
- Program Polygon I: Berekening van de grondwaterstanden van de verschillende polygonen. De basis van dit programma werd gevormd door het zojuist genoemde programma van Zondervan. Voor omzetting van vergelijking 5 uit hoofdstuk II in de gebruikte symbolentaal, zie pag.61; voor het schema van dit programma zie pag. 63
- Subroutine Waterb.: Subprogramma bij Polygon II voor de berekening van de verschillende waterbalanstermen en de afwijking van berekende en historische grondwaterstanden voor alle polygonen per tijdstap. Opslag van deze gegevens in het geheugen.
- Subroutine Somwtb.: Subprogramma bij Polygon II voor de sommatie over de tijd van de verschillende waterbalanstermen en bovengenoemde afwijking voor alle polygonen afzonderlijk, sommatie van voorgaande maar nu voor heel Salland en sommatie over de tijd van de laterale instroming door de verschillende zijden van Salland.
- Subroutine Printplot: Subprogramma bij Polygon II voor de grafische weergave van de tijdstijghoogtelijnen van de door het model berekende en historische grondwaterstanden (auteur: ZONDERVAN).

Voor Program Polygon II, inclusief alle subroutines, is veel geheugenruimte nodig. Als men geen gebruik maakt van schijven dient men over een geheugencapaciteit van 200 000 bits te beschikken.

Alle programma's geschreven in FORTRAN, zijn toegevoegd. Alleen voor het hoofdprogramma Polygon II is ook een schema gemaakt. De subroutines van dit programma zijn eenvoudig en de FORTRAN-vertalingen zijn steeds van voldoende commentaar voorzien. Program Polygon I is moeilijk te doorgronden. Het ontbrak mij aan tijd hier nog een schema voor te maken; voor meer informatie wende men zich tot Zondervan:

afd. Hydraulica van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

In alle programma's wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde contact-matrix (CT(I, J)). Deze dient voor de opslag in het geheugen van de nummers van de omliggende polygonen van I en van het aantal omliggende polygonen.

Voor een juiste berekening vermeldt men alle omliggende nummers en herhaalt daarna nog eens de nummers van de eerste twee aanliggende polygonen. In ons geval is bovendien het nummer van I aan de matrix toegevoegd. Op de twaalfde plaats van de contact-matrix staat het cijfer dat het aantal omliggende van polygoon I voorstelt.

De ponskaart van de contact-matrix van I is als volgt ingedeeld (gebruikte FORMAT. I2) zie Fig. 16, voor indeling zie onder. Het

lezen van de contact-matrix geschiedt steeds vanaf CT (I, 2) tot en met CT (I, K) + 2 waarin K het aantal omliggende polygonen van I voorstelt.

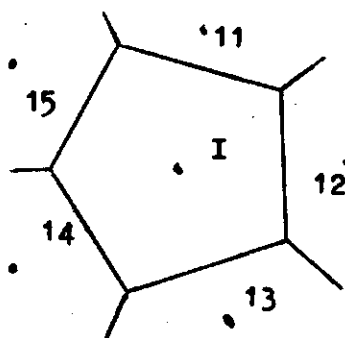


Fig. 16. Polygoon I met omliggende polygonen

Kolom	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	23-24
ponsing	I	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 1	1 2	5

Indeling op deze wijze is alleen nodig voor Program Polygon I, maar is verder gewoon aangehouden in de andere programma's.

VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE SYMBOLEN IN PROGRAM POLYGON II

Symbolen vast in de tijd

NSTEP : aantal tijdstappen
F : overrelaxatiefactor
TD : tijdstaplengte
CT (I, J) : contact-matrix (zie onder) van polygoon I
W (I, J) : quotiënt van de gemeenschappelijke zijde van aanliggende polygonen en de afstand van hun knooppunten.
Dit gegeven komt uit Program Polygon I.
A (I) : oppervlakte van Polygoon I
MV (I) : maaiveldshoogte bij P. I
L (I) : gemiddelde beekafstand in P. I
TY (I) : informatie over punt I
TY(I) = 0 voor gewone randpunten en knooppunten
TY(I) = 1 voor 'constructie-randpunten'
TRD (I, J) : kD-waarde van polygoonzijde I, J
OFLOW(I) : ontwateringsbasis in P. I
BAS (I) : basis voor printplot in P. I
HPSI (I, J) : historische grondwaterstand in P. I op tijd J
TSTEP : nummer tijdstap

Variabel in de tijd

POR (I) : gemiddelde μ -waarde in P. I
PREC (I) : gemiddelde neerslagoverschot in P. I
AQ (I) : gemiddelde kunstmatige onttrekking in P. I
PN (I) : voor I = I van randpunt: nieuwe (gr.) waterstand

Resultaat van de berekeningen

PHI (I) : grondwaterstand van P. I oud in de tijd
PSI (I, J) : door het model berekende grondwaterstand van P. I voor tijd J
PN (I) : grondwaterstand nieuw in de tijd
QLAT (K, J) : hoeveelheid laterale instroming door rand K op tijd J
WB (K, I, J) : hoeveelheid van waterbalansterm K voor P. I op tijd J

OMZETTING VAN VERG. 5 UIT HOOFDSTUK I IN SYMBOLENTAAL EN HET EXPLI-
CIET SCHRIJVEN VAN DE ONBEKENDE WATERSTAND

Verg. 5 uit hoofdstuk I luidt:

$$\sum_{i=1}^N \left[h_i(t_{j+1}) - h_b(t_{j+1}) \right] TR_{i,b} = \frac{A_b \bar{S}_b}{t} h_b(t_{j+1}) - h_b(t_j) - \bar{I}_{\text{netto},b} +$$

$$\bar{Q}_{\text{art},b} + D_b(t_{j+1})$$

waarin $TR_{i,b} = \frac{W_{i,b} \cdot kD_{i,b}}{L_{i,b}}$ in symbolen: $TR(I, J) = W(I, J) \cdot TRD(I, J)$

waarin $W = W/L$ uit Polygon I komt

$$D_b(t_{j+1}) = \frac{8 \cdot kD_b \cdot A_b}{L_b^2} \left[h_b(t_{j+1}) - OB_b \right]$$

in symbolen $\left[DI(I) \cdot PN(I) - OFLOW(I) \right]$

Verg. 5 wordt nu volledig in symbolen:

$$\sum_{j=1}^N \left[PN(J) - PN(I) \right] TR(I, J) = FAK(I) \left[PN(I) - PHI(I) \right] - PREC(I) + AQ(I) +$$

$$\left[DI(I) \cdot PN(I) - OFLOW(I) \right]$$

$PN(I)$ naar een kant en verwisseling van teken geeft:

$$PN(I) \left[\sum_{j=1}^N TR(I, J) + FAK(I) + DI(I) \right] = \sum_{j=1}^N TR(I, J) \cdot PN(J) +$$

$$+ FAK(I) \cdot PHI(I) + PREC(I) - AQ(I) + DI(I) \cdot OFLOW(I)$$

Stel: $TR2(I) = \sum_{j=1}^N TR(I, J)$; $FN(I) = TR2(I) + FAK(I) + DI(I)$

$$PN(I) = \sum_{j=1}^N \frac{TR(I, J) \cdot PN(J)}{FN(I)} + \\ + \frac{FAK(I) \cdot PHI(I) + PREC(I) - AQ(I) + DI(I) \cdot OFLOW(I)}{FN(I)}$$

$$\text{stel:} \quad AA(I, J) = \frac{TR(I, J)}{FN(I)} ;$$

$$DD(I) = \frac{FAK(I) \cdot PHI(I) + PREC(I) - AQ(I) + DI(I) \cdot OFLOW(I)}{FN(I)}$$

$$PN(I) = \sum_{j=1}^N AA(I, J) \cdot PN(J) + DD(I) ;$$

en voor GAUSS-SEIDEL iteratie met overrelaxatie krijgt men uiteindelijk:

$$PN(I)_{k+1} = PN(I)_k - \left[F \cdot PN(I)_k - \left\{ \sum_{j=1}^N AA(I, J) \cdot PN(J) + DD(I) \right\} \right]$$

SCHEMA HOOFDPROGRAMMA POLYGON II

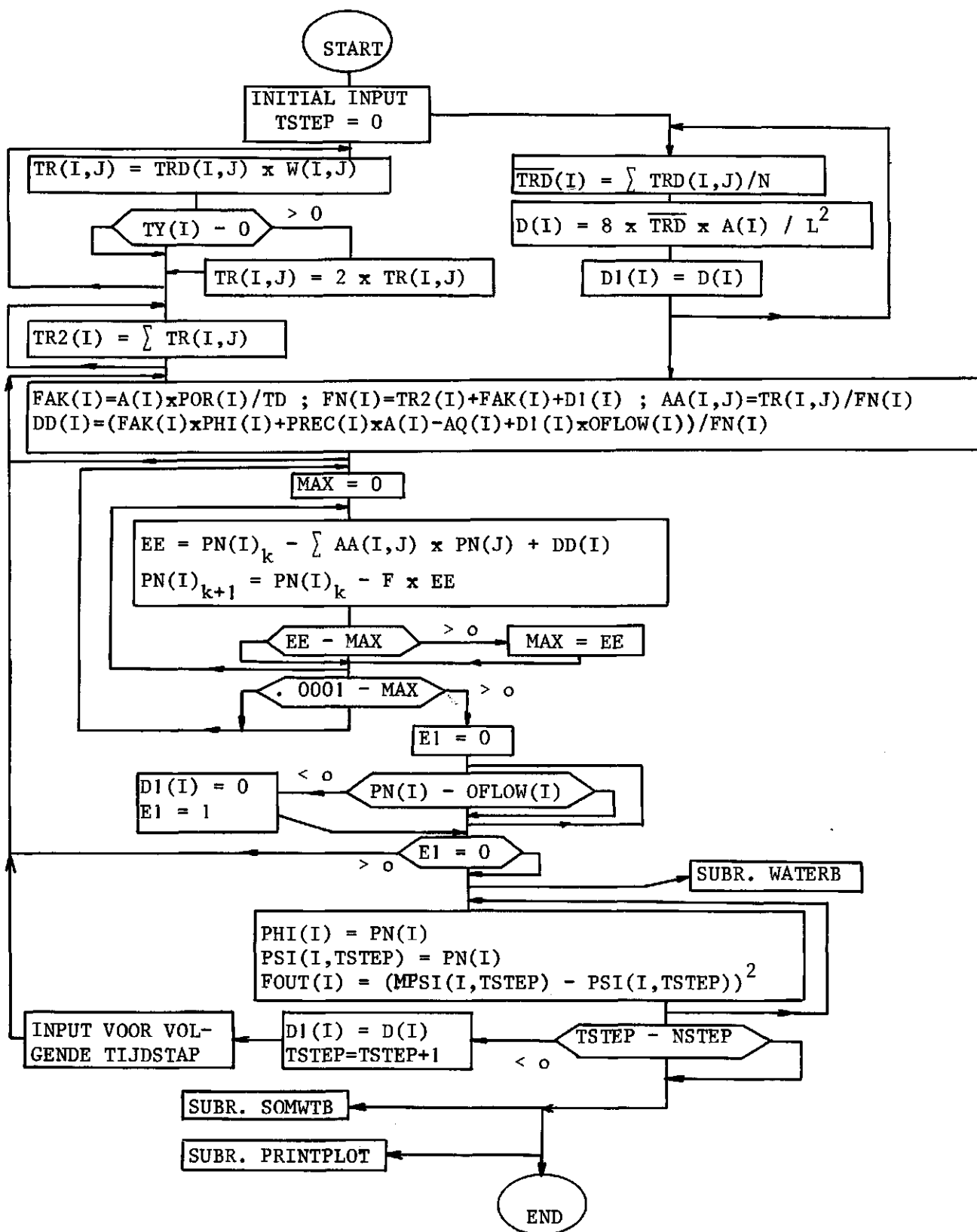
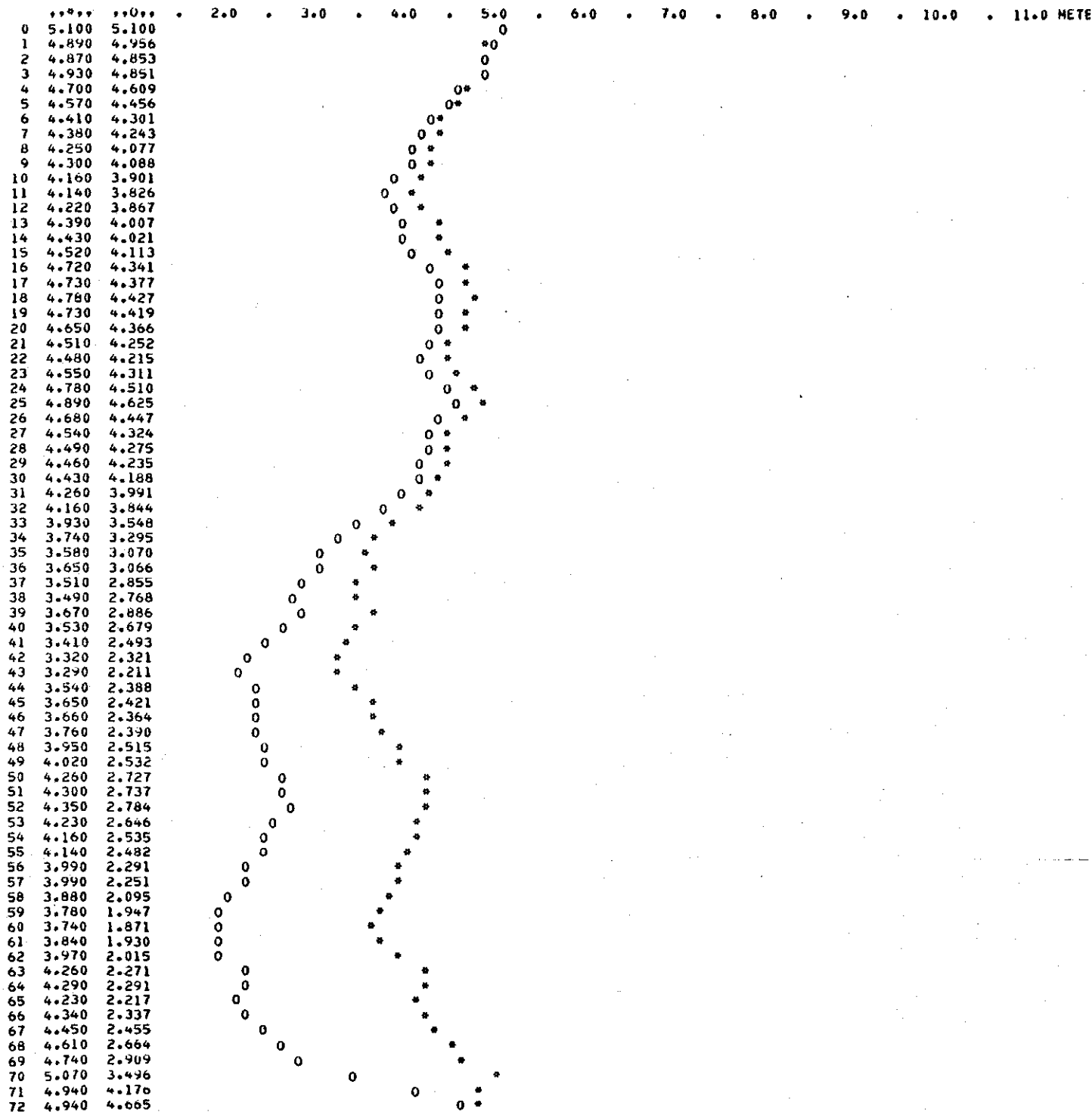


Fig 15

HALF MAANDELYKSE G.W.S. VAN 1958, 1959, 1960
 ***, STELT EEN GEMETEN G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.
 **, STELT EEN BEKEKENDE G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.

DE GEMIDDELTE BEEKAFSTAND BEDRAAGT 2500. M
 DE AFVOER COEFFICIENT BEDRAAGT .0030 ETM-1
 MAAIVELDSHOOGTE 5.11 M ONT.BASIS 4.31 M + N.A.P



```

C   PROGRAM POLYGON II MODEL-IJ KING
C   HET PROGRAMMA IS TOEGERUST MET EEN SUBROUTINE OM DE WATERBALANS
C   PER POLYGOON EN VOOR HET HELE GEBIED OP TE STELLEN
C   OOK IS ER EEN SUBROUTINE OM DE BEREKENDE EN DE GEMETEN
C   WATERSTANDEN TE LATEN UITPLOTTEN
C
C   INTEGER CT, TY(35), TSTEP
C   REAL MAX, L(18), MV
C   DIMENSION FAK(18), TRD(18,10), AA(18,10), DD(18), FN(18), W(18,10)
C   COMMON CT(18,12), TR(18,10), PN(32), A(18), PHI(18), POR(18), PREC(18),
C   $ PSI(18,73), BAS(18), HPSI(18,73), QLAT(4,73), TR2(18), D1(18), MV(18),
C   $ AQ(18), SFLOW(18), D(18), OFLOW(18), WB(6,18,73), D2(18)
C
C   INITIAL INPUT
C
C   NSTEP=72
C   F=1.2
C   TD=15.
C   DO 20 I=1,32
C   READ (2,30) PHI(I), TY(I)
20 CONTINUE
30 FORMAT (10X,F4.2,I1)
C
C   DO 40 I=1,18
C   READ (2,50) POR(I), OFLOW(I), BAS(I), PREC(I), AQ(I)
C   PREC(I)=PREC(I)/TD $ AQ(I)=AQ(I)/TD
C   READ (2,60) (CT(I,J), J=1,12)
C   READ (2,70) (TRD(I,M), M=3,10)
C   K=CT(I,12)+2
C   READ (2,61) (W(I,J), J=3,K)
C   L(I)=500.
C   DO 21 K=1,6
21 WB(K,I,1)=0.
C   QLAT(1,1)=0. $ QLAT(2,1)=0. $ QLAT(3,1)=0. $ QLAT(4,1)=0.
C   PN(I)=PHI(I)
C   PSI(I,1)=PHI(I)
C   HPSI(I,1)=PHI(I)
C   READ (2,45) (HPSI(I,N), N=2,72)
40 CONTINUE
C
50 FORMAT (F3.3,F3.2,F4.2,F4.4,F6.0,F4.4)
45 FORMAT (18F4.2)
60 FORMAT(12I2)
61 FORMAT (8F8.5)
70 FORMAT (10F4.0)
C
C   READ (2,67) (PN(J), J=19,32)
C   READ (2,62) (A(I), I=1,18)
C   READ (2,63) (MV(I), I=1,18)
62 FORMAT (6F12.2)
67 FORMAT (14F4.2)
63 FORMAT(18F3.2)
C
C   END INITIAL INPUT

```

```

C
C      BEREKENING VAN DE GEMIDDEELDE KD-WAARDE PER PLYGOONL
C      EN VAN DE FAKTOR D(I) VOOR DE BEREKENING VAN DE OPEN AFVOER
C      DEZE WORDT BEREKEND ALS:  $8 * KD * A(I) / L2 * (PN(I) - OFLOW(I))$ 
C       $D2(I) = 8 * KD / L2$  IS DE AFVOER COEFFICIENT
C
      DO 2 I=1,18
      G=0.
      K=CT(I,12)+2
      DO 3 J=3,K
      3  G=G+TRD(I,J)
      W1=K-2. S G=G/W1
      D2(I)=8*G/(L(I)*L(I))
      D(I)=D2(I)*A(I)
      D1(I)=D(I)
C
C      I.V.M. BIJSMOKKELEN VAN EXTRA PERIODE
      HPSI(I,73)=HPSI(I,72)
      2  CONTINUE
C
C
C
C      TR(I,J)=KD(I,J)*W(I,J)/L(I,J)
C      VERREKENING VAN DE AFSTAND KD-waarde VOOR KONSTRUKTIE RANDPUNTEN
      DO 31 I=1,18
      K=CT(I,12)+3
      J=3
      55 TR(I,J)=TRD(I,J)*W(I,J)
      JJ=CT(I,J)
      IF(TY(JJ)-1) 28,29,28
      29 TR(I,J)=TR(I,J)*2.
      28 J=J+1
      IF(J-K) 55,31,31
      31 CONTINUE
C
C
C      BEREKENING COEFFICIENTEN VAN DE GAUSS-SEIDEL ITERATIE
      TSTEP=0
      MM=1
      MEL=0
      DO 75 I=1,18
      TR2(I)=0.
      K=CT(I,12)+2
      DO 76 J=3,K
      TR2(I)=TR2(I)+TR(I,J)
      76 CONTINUE
      75 CONTINUE
      NN=1
C
C      BEREKENING VAN COEFF. NIEUW IN DE TIJD
      78 DO 100 I=1,18
      K=CT(I,12)+2
      FAK(I)=A(I)*POR(I)/TD
      FN(I)=TR2(I)+FAK(I)+D1(I)
      DO 110 J=3,K
      JJ=CT(I,J)
      AA(I,J)=TR(I,J)/FN(I)
      110 CONTINUE
      DD(I)=(FAK(I)*PHI(I)+(PREC(I)*A(I)-AQ(I)+D1(I)*OFLOW(I)))/FN(I)
      100 CONTINUE
C
C

```

```

C      GAUSS-SEIDEL ITERATIE
79      MAX=0.0
          MEL=MEL+1
          DO130 I=1,18
          K=CT(I,12)+2
          T=0.0
          DO140 J=3,K
          JJ=CT(I,J)
          T=T+AA(I,J)*PN(JJ)
140      CONTINUE
          EE=T+DD(I)
          EE=PN(I)-EE
          PN(I)=PN(I)-F*EE
          EE=ABS(EE)
          IF(EE-MAX) 130,130,131
131      MAX=EE
130      CONTINUE
          EPS=0.0001
          IF(MEL-50) 133,132,132
132      STOP
133      IF(EPS-MAX) 79,79,150
150      MEL=0

C
C      TER VOORKOMING VAN NEGATIEVE OPEN AFVOER
          IF(NN.GT.1) GOTO 84
          E1=0.
          DO 82 I=1,18
          E2= PN(I)-OFLOW(I)
          IF(E2.LT.0.) D1(I)=.0
          IF(E2.LT.E1) E1=E2
82      CONTINUE
          NN=NN+1
          IF(E1.LT.0.) GOTO 78

C
C
84      TSTEP=TSTEP+1
          M=TSTEP+1
          MM=MM+1

C
          CALL WATERB (MM,TD)

C
C      OVSCHRIJVING OUDE WATERSTAND
          DO160 I=1,18
          PHI(I)=PN(I)
          PSI(I,MM)=PN(I)

C
C      BEREKENING VAN DE AFWIJKING
          T=HPSI(I,MM)-PSI(I,MM)
          WB(6,I,MM)=T*T
160      CONTINUE
C
          IF(TSTEP-NSTEP) 81,260,260

```

```

C   INPUT VOOR VOLGENDE TIJDSTAP
81  READ (2,230) (PREC(K),K=1,18)
    READ (2,235) AQ(1),AQ(6),AQ(9),AQ(10),AQ(11),AQ(13),AQ(14),AQ(16),
1AQ(17),AQ(18)
    READ (2,240) (POR(K),K=1,18)
    READ (2,250) (PN(K),K=19,32)
C
230 FORMAT(18F4.4)
235 FORMAT (10F6.0)
240 FORMAT(18F3.3)
250 FORMAT(14F4.2)
    DO 83 I=1,18
      PREC(I)=PREC(I)/TD $ AQ(I)=AQ(I)/TD
83  D1(I)=D(I)
      NN=1
      GOTO 78
C
C
C   260 CALLSOMWTB
C   UITVOER VIA PRINTPLOT
C   CALL PLOTT (L)
C
END

```

```

SUBROUTINE WATERB (MM,TD)
  INTEGER CT
  DIMENSION TR1(18),TR3(18),TR4(18),Q(18,32)
  COMMON CT(18,12),TR(18,10),PN(32),A(18),PHI(18),POR(18),PREC(18),
  $PSI(18,73),BAS(18),HPSI(18,73),QLAT(4,73),TR2(18),D1(18),MV(18),
  $ AQ(18),SFLOW(18),D(18),OFLOW(18),WB(6,18,73),D2(18)

C
C   BEREKENING VAN DE WATERBALANS PER POLYGOON
  M=MM
  DO 310 I=1,18
    K=CT(I,12)+2

C
C   LATERALE STROMING M/ETM
    TR1(I)=0.
    DO 311 J=3,K
      JJ=CT(I,J)
      TR1(I)=TR1(I)+TR(I,J)*PN(JJ)
311 CONTINUE
    TR1(I)=(TR1(I)-PN(I)*TR2(I))/A(I)

C
C   BERGINGSVERANDERING M/ETM
    TR3(I)=(PN(I)-PHI(I))*POR(I)/TD

C
C   NETTO NSLG. OVERSCHOT=PREC(I) M/ETM

C
C   ART. ONTTREKKING
    TR4(I)=AQ(I)/A(I)

C
C   OPEN AFVOER=SFLOW1 M/ETM
    SFLOW(I)=D1(I)*(PN(I)-OFLOW(I))/A(I)

C
C   OPSLAG IN HET GEHEUGEN
    WB(1,I,M)=TR1(I)*15.
    WB(2,I,M)=TR3(I)*15.
    WB(3,I,M)=PREC(I)*15.
    WB(4,I,M)=TR4(I)*15.
    WB(5,I,M)=SFLOW(I)*15.
310 CONTINUE

C
C   BEREKENING VAN DE LATERALE STROMING DOOR DE RAND M3/ 15 ETMALEN
  DO 312 I=1,18
    K=CT(I,12)+2
    DO 314 J=3,K
      IF(CT(I,J)-18) 314,314,315
315 N=CT(I,J)
      Q(I,N)=(PN(N)-PN(I))*TR(I,J)*15.
314 CONTINUE
312 CONTINUE

C
C   SOMMATIE EN OPSLAG IN HET GEHEUGEN
    QLAT1=WESTRAND QLAT2=Z.R. QLAT3=O.R. QLAT4=N.R.
    QLAT(1,M)=Q(2,32)+Q(2,31)+Q(9,30)+Q(13,29)+Q(16,28)
    QLAT(2,M)=Q(17,27)+Q(18,26)
    QLAT(3,M)=Q(18,25)+Q(15,25)+Q(15,24)+Q(11,24)+Q(12,24)
    $+Q(12,23)+Q(8,23)+Q(7,23)+Q(7,22)+Q(3,22)
    QLAT(4,M)=Q(3,21)+Q(3,20)+Q(1,20)+Q(1,19)+Q(2,19)

C
  RETURN
  END

```


SUBROUTINE SOMWTB

C
C

```
SOMMATIE VAN DE WATERBALANSTERMEN OVER TIJD EN PLAATS
DIMENSION GTK1(5,12),GTK2(5,12),ST3(5),GST3(5)
DIMENSION W(6,18,12),T(6,18,3),ST(6,3),TT(6,18),T1(3),
$ GW(6,18,12),GT(6,18,3),GST(6,3),GTT(6,18),RN(12),RTN(3)
DIMENSION Q(4,12),GQ(4,12),TQ(4,3),GTQ(4,3),TTQ(4),GTTQ(4)
COMMON CT(18,12),TR(18,10),PN(32),A(18),PHI(18),POR(18),PREC(18),
$ PSI(18,73),BAS(18),HPSI(18,73),QLAT(4,73),TR2(18),D1(18),MV(18),
$ AQ(18),SFLOW(18),D(18),OFLOW(18),WB(6,18,73),D2(18)
```

C
C
C

```
NULSTELLING
DO 200 K=1,6
DO 201 I=1,18
DO 203 J=1,12
203 W(K,I,J)=0.
DO 202 J=1,3
202 T(K,I,J)=0.
201 TT(K,I)=0.
DO 204 J=1,3
204 ST(K,J)=0.
200 CONTINUE
```

C
C
C
C

```
SOMMATIE VAN DE WATERBALANS PER POLYGOON
PER KWARTAAL IN M/90 DAGEN.
```

```
DO 5 K=1,6
DO 5 I=1,18
DO 7 M=2,7
7 W(K,I,1)=W(K,I,1)+WB(K,I,M)
DO 8 M=8,13
8 W(K,I,2)=W(K,I,2)+WB(K,I,M)
DO 9 M=14,19
9 W(K,I,3)=W(K,I,3)+WB(K,I,M)
DO 10 M=20,25
10 W(K,I,4)=W(K,I,4)+WB(K,I,M)
DO 11 M=26,31
11 W(K,I,5)=W(K,I,5)+WB(K,I,M)
DO 12 M=32,37
12 W(K,I,6)=W(K,I,6)+WB(K,I,M)
DO 13 M=38,43
13 W(K,I,7)=W(K,I,7)+WB(K,I,M)
DO 14 M=44,49
14 W(K,I,8)=W(K,I,8)+WB(K,I,M)
DO 15 M=50,55
15 W(K,I,9)=W(K,I,9)+WB(K,I,M)
DO 16 M=56,61
16 W(K,I,10)=W(K,I,10)+WB(K,I,M)
DO 17 M=62,67
17 W(K,I,11)=W(K,I,11)+WB(K,I,M)
DO 1 M=68,73
1 W(K,I,12)=W(K,I,12)+WB(K,I,M)
5 CONTINUE
```

C

```

C      SOMMATIE VAN DE WATERBALANS PER POLYGOON
C      PER JAAR IN M/JAAR.
      DO 18 K=1,6
      DO 18 I=1,18
      DO 20 J=1,4
20     T(K,I,1)=T(K,I,1)+W(K,I,J)
      DO 21 J=5,8
21     T(K,I,2)=T(K,I,2)+W(K,I,J)
      DO 22 J=9,12
22     T(K,I,3)=T(K,I,3)+W(K,I,J)
18     CONTINUE

C
C      SOMMATIE PER POLYGOON VOOR DE TOTALE DRIE JAREN
C      IN M/ 3 JAAR
      DO23 K=1,6
      DO 23 I=1,18
      DO 23 J=1,3
23     TT(K,I)=TT(K,I)+T(K,I,J)

C
C      GEMIDDELTE BEREKENING STEEDS IN M/ETM
C      PER POLYGOON PER KWARTAAL
      DO 26 K=1,5
      DO 26 I=1,18
      DO 28 J=1,12
28     GW(K,I,J)=W(K,I,J)/90.
C      GEMIDDELTE PER JAAR
      DO 29 J=1,3
29     GT(K,I,J)=T(K,I,J)/360.
C      GEMIDDELTE OVER DRIE JAREN
26     GTT(K,I)=TT(K,I)/1080.

C
C
C      STANDAARDAFWIJKING
      DO 100 I=1,18
C      PER SEIZOEN
      DO 101 J=1,12
101     GW(6,I,J)=SQRT(W(6,I,J)/5.)
C      PER JAAR
      DO 102 J=1,3
102     GT(6,I,J)=SQRT(T(6,I,J)/23.)
C      PER 3 JAAR
100     GTT(6,I)=SQRT(TT(6,I)/ 71.)

C
C
      DO 105 J=1,3
105     T1(J)=.0
      DO 106 J=1,3
      DO 107 I=1,18
107     T1(J)=T1(J)+GT(6,I,J)
106     T1(J)=T1(J)/18.

C
C

```

```

C   UITVOER PER POLYGOON
    DO 50 I=10,17
      WRITE (3,51)
      WRITE (3,52) I
      JJ1=1958
      WRITE (3,53) JJ1
      DO 60 J=1,4
60   WRITE (3,54) J, (W(K,I,J),GW(K,I,J),K=1,5),GW(6,I,J)
      WRITE (3,55) (T(K,I,1),GT(K,I,1),K=1,5),GT(6,I,1)
      JJ2=1959
      WRITE (3,53) JJ2
      DO 61 J=5,8
      N=J-4
61   WRITE (3,54) N, (W(K,I,J),GW(K,I,J),K=1,5),GW(6,I,J)
      WRITE (3,55) (T(K,I,2),GT(K,I,2),K=1,5),GT(6,I,2)
      JJ3=1960
      WRITE (3,53) JJ3
      DO 62 J=9,12
      N=J-8
62   WRITE (3,54) N, (W(K,I,J),GW(K,I,J),K=1,5),GW(6,I,J)
      WRITE (3,55) (T(K,I,3),GT(K,I,3),K=1,5),GT(6,I,3)
      WRITE (3,56) JJ1,JJ2,JJ3, (TT(K,I),GTT(K,I),K=1,5),GTT(6,I)
50   CONTINUE

```

```

C
51  FORMAT (1H1)
52  FORMAT (//////50H                                     WATERBALAN
    $15HS VOOR POLYGOON,I10/)
53  FORMAT(////9H      JAAR,I6,38H      LATERALE INSTR.      BERGINGS
    $63HVERAND.      NSLG-VERDAMP.      POMP      OPEN AFVOER
    $13H      FOUT//45H      M      M/ETM
    $63H  M      M/ETM      M      M/ETM      M      M/ETM      M
    $19H      M/ETM      M//)
54  FORMAT(10H  KWARTAAL,I4,6X,5(F10.5,F10.5),F10.5)
55  FORMAT(//10H      TOTAAL,10X,5(F10.5,F10.5),F10.5)
56  FORMAT(//////3I5,5X,11F10.5)

```

```

C
C   TOTAAL VOOR HEEL SALLAND
    DO440 K=1,5
    DO441 J=1,12
441  GTK1(K,J)=0.
    DO 442 J=1,3
442  GST(K,J)=0.
    ST3(K)=0.
440  GST3(K)=0.

```

```

C
    AO=0.
    DO 33 I=1,18
33  AO=AO+A(I)

```

```

C
C   GEBIEDSSOMMATIE PER KWARTAAL IN M3 EN M
    DO 30 K=1,5
    DO 30 J=1,12
    DO 31 I=1,18
31  GTK1(K,J)=GTK1(K,J)+W(K,I,J)*A(I)
    GTK2(K,J)=GTK1(K,J)/AO
30  GTK1(K,J)=GTK1(K,J)/1000.

```

C

C GEBIEDSSOMMATIE PER JAAR IM M3 EN M

DO 32 K=1,5

DO 34 J=1,4

ST(K,1)=ST(K,1)+GTK1(K,J)

34 GST(K,1)=GST(K,1)+GTK2(K,J)

DO 35 J=5,8

ST(K,2)=ST(K,2)+GTK1(K,J)

35 GST(K,2)=GST(K,2)+GTK2(K,J)

DO 36 J=9,12

ST(K,3)=ST(K,3)+GTK1(K,J)

36 GST(K,3)=GST(K,3)+GTK2(K,J)

32 CONTINUE

C

C GEBIEDSSOMMATIE PER DRIE JAAR IN M3 EN M

DO 37 K=1,5

DO 37J=1,3

ST3(K)=ST3(K)+ST(K,J)

37 GST3(K)=GST3(K)+GST(K,J)

C

WRITE(3,51)

WRITE(3,59)

WRITE(3,58) JJ1

DO 40 J=1,4

40 WRITE(3,41) J,(GTK1(K,J),GTK2(K,J),K=1,5)

WRITE(3,42) (ST(K,1),GST(K,1),K=1,5)

WRITE(3,58) JJ2

DO 43 J=5,8

N=J-4

43 WRITE(3,41) N,(GTK1(K,J),GTK2(K,J),K=1,5)

WRITE(3,42) (ST(K,2),GST(K,2),K=1,5)

WRITE(3,58) JJ3

DO 44 J=9,12

N=J-8

44 WRITE(3,41) N,(GTK1(K,J),GTK2(K,J),K=1,5)

WRITE(3,42) (ST(K,3),GST(K,3),K=1,5)

WRITE(3,45) JJ1,JJ2,JJ3,(ST3(K),GST3(K),K=1,5)

41 FORMAT(10H KWARTAAL,14,6X,5(F10.2,F8.4,2X))

42 FORMAT(//10H TOTAAL,10X,5(F10.2,F8.4,2X))

45 FORMAT(////3I5,5X,5(F10.2,F8.4,2X),F10.5)

58 FORMAT(//9H JAAR,16,38H

LATERALE INSTR.

BERGINGS

\$63HVERAND. NSLG-VERDAMP.

POMP

OPEN AFVOER

\$13H

//45H

3 3

\$63H 3 3

3 3

3 3

3

\$9H3

/50H

10 M

M

10 M

\$63H

M

10 M

M

10 M

M

10 M

\$14H

M

///

59 FORMAT(////50H

WATERBALAN

\$19HS VOOR HEEL SALLAND/////)

C

C

C

Zel

```

C      SOMMATIE VAN DE LATERALE STROMING DOOR DE RANDEN PER KWARTAAL M3
      DO 205 K=1,4
      DO 206 M=1,12
206    Q(K,M)=0.
      DO 230 M=1,3
230    TQ(K,M)=0.
205    TTQ(K)=0.
      SQ=0. $ SSQ=0.

C
      DO 207 K=1,4
      DO 208 M=2,7
208    Q(K,1)=Q(K,1)+QLAT(K,M)
      DO 209 M=8,13
209    Q(K,2)=Q(K,2)+QLAT(K,M)
      DO 210 M=14,19
210    Q(K,3)=Q(K,3)+QLAT(K,M)
      DO 211 M=20,25
211    Q(K,4)=Q(K,4)+QLAT(K,M)
      DO 212 M=26,31
212    Q(K,5)=Q(K,5)+QLAT(K,M)
      DO 213 M=32,37
213    Q(K,6)=Q(K,6)+QLAT(K,M)
      DO 214 M=38,43
214    Q(K,7)=Q(K,7)+QLAT(K,M)
      DO 215 M=44,49
215    Q(K,8)=Q(K,8)+QLAT(K,M)
      DO 216 M=50,55
216    Q(K,9)=Q(K,9)+QLAT(K,M)
      DO 217 M=56,61
217    Q(K,10)=Q(K,10)+QLAT(K,M)
      DO 218 M=62,67
218    Q(K,11)=Q(K,11)+QLAT(K,M)
      DO 219 M=68,73
219    Q(K,12)=Q(K,12)+QLAT(K,M)
207    CONTINUE

C
C      SOMMATIE PER RAND PER JAAR M3
      DO 220 K=1,4
      DO 221 M=1,4
221    TQ(K,1)=TQ(K,1)+Q(K,M)
      DO 222 M=5,8
222    TQ(K,2)=TQ(K,2)+Q(K,M)
      DO 223 M=9,12
223    TQ(K,3)=TQ(K,3)+Q(K,M)
220    CONTINUE

C
C      SOMMATIE PER RAND VOOR DE TOTALE DRIE JAAR M3
      DO 224 K=1,4
      DO 224 M=1,3
224    TTQ(K)=TTQ(K)+TQ(K,M)

C
C      GEMIDDELTE IM M3/ETM PER KWARTAAL
      DO 225 K=1,4
      DO 226 M=1,12
226    GQ(K,M)=Q(K,M)/90.
C      GEMIDDELTE PER JAAR
      DO 227 M=1,3
227    GTQ(K,M)=TQ(K,M)/360.
C      GEMIDDELTE OVER DRIE JAAR
225    GTTQ(K)=TTQ(K)/1080.
C

```

```

C   TOTALE SOMMATIE
    DO 228 K=1,4
      SQ=SQ+TTQ(K)
228  SSQ=SSQ+GTTQ(K)

C
C
C   BEREKENING NETTO INSTROMING
    DO 229 M=1,12
229  RN(M)=Q(1,M)+Q(2,M)+Q(3,M)+Q(4,M)
      DO 231 M=1,3
231  RTN(M)=TQ(1,M)+TQ(2,M)+TQ(3,M)+TQ(4,M)

C
C   UITVOER VAN DE LATERALE INSTROMING
    WRITE(3,51)
    WRITE(3,240)
    WRITE(3,241)
    JJ1=1958
    WRITE(3,248) JJ1
    DO 242 M=1,4
242  WRITE(3,243) M,(Q(K,M),GQ(K,M),K=1,4),RN(M)
      WRITE(3,244) (TQ(K,1),GTQ(K,1),K=1,4),RTN(1)
      JJ2=JJ1+1
      WRITE(3,248) JJ2
      DO 245 M=5,8
        N=M-4
245  WRITE(3,243) N,(Q(K,M),GQ(K,M),K=1,4),RN(M)
      WRITE(3,244) (TQ(K,2),GTQ(K,2),K=1,4),RTN(2)
      JJ3=JJ2+1
      WRITE(3,248) JJ3
      DO 246 M=9,12
        N=M-8
246  WRITE(3,243) N,(Q(K,M),GQ(K,M),K=1,4),RN(M)
      WRITE(3,244) (TQ(K,3),GTQ(K,3),K=1,4),RTN(3)
      WRITE(3,247) JJ1,JJ2,JJ3,(TTQ(K),GTTQ(K),K=1,4)
      WRITE(3,249) SQ,SSQ

C
C
240  FORMAT(///53H          LATERALE INSTROMING DOOR DE RAND VAN HET BESCH
      $24HOUWDE GEBIED VAN SALLAND//33H          RAND 1  LANGS DE IJSSEL
      $29H  RAND 2  LANGS DE SCHIPBEEK/30H          RAND 3  LANGS DE HEUVELRU
      $33HG          RAND 4  LANGS TWENTE KANAAL///)
241  FORMAT(56H                                RAND 1                                RAND 2
      $59H                                RAND 3                                RAND 4                                NETTO IN//)
248  FORMAT(55H                                3                                3                                3                                3
      $56H                                3                                3                                3                                3/4H
      $4HJAAR,I6,53H          M          M/ETM          M          M/ETM          M
      $43H          M/ETM          M          M/ETM          M/)
243  FORMAT(10H  K#ARTAAL,I4,6X,4(F10.0,F10.2),F15.0)
244  FORMAT(/10H          TOTAAL,10X,4(F10.0,F10.2),F15.0//)
247  FORMAT(//315,5X,4(F10.0,F10.2)///)
249  FORMAT(//54H          INSTROMING IN HEEL SALLAND OVER DE GEHELE PE
      $5HRIODE,F20.0,8H  M3  OF,F10.2,8H  M3/ETM)
      RETURN
      END

```

SUBROUTINE PLOTT(L)

C

```

INTEGER PLOT(100,75)
REAL L(18),MV
DIMENSION WLH(73),WL(73)
COMMON CT(18,12),TR(18,10),PN(32),A(18),PHI(18),POR(18),PREC(18),
$PSI(18,73),BAS(18),HPSI(18,73),QLAT(4,73),TR2(18),D1(18),MV(18),
$ AQ(18),SFLOW(18),D(18),OFLOW(18),WB(6,18,73),D2(18)

```

C

```

DO 700 I=10,17
PRINT910,I
PRINT920,L(I)
PRINT930,D2(I)
PRINT940,MV(I),OFLOW(I)
A1=BAS(I)$A2=BAS(I)+1$A3=BAS(I)+2$A4=BAS(I)+3$A5=BAS(I)+4
A6=BAS(I)+5$A7=BAS(I)+6$A8=BAS(I)+7$A9=BAS(I)+8$A10=BAS(I)+9
PRINT950,A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9,A10
DO720M=1,7500
720 PLOT(M)=1H
DO 710 J=1,73
WLH(J)=HPSI(I,J)
WL(J)=PSI(I,J)
HPSI(I,J)=HPSI(I,J)-BAS(I)
PSI(I,J)=PSI(I,J)-BAS(I)
PLH=HPSI(I,J)*10.+5
MPLH=PLH
MPLH=MPLH+1
PLOT(MPLH,J)=1H*
PL=PSI(I,J)*10. +5
MPL=PL
MPL=MPL+1
PLOT(MPL,J)=1H0
K=J-1
PRINT740,K,WLH(J),WL(J),(PLOT(M,J),M=1,100)
710 CONTINUE
700 CONTINUE

```

C

```

910 FORMAT(1H1,60X,9H POLYGOON,I5///)
920 FORMAT(53H HALF MAANDELYKSE G.W.S. VAN 1958,1959,1960
$48H DE GEMIDDELTE BEEKAFSTAND BEDRAAGT,F6.0,3H M)
930 FORMAT(54H ,*, , STELT EEN GEMETEN G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.
$43H DE AFVOER COEFFICIENT BEDRAAGT,F7.4,9H ETM-1)
940 FORMAT(52H ,0, , STELT EEN BEREKENDE G.W.S. VOOR T.O.V. N.A.P.
$30H MAAIVELOSHOOGTE,F7.2,10H M ONT.
$5HBASIS,F7.2,12H M + N.A.P.//)
950 FORMAT(19H ,*, , ,0, , ,2H ,F6.1,4H ,F6.1,4H ,
1F6.1,4H ,F6.1,4H ,F6.1,4H ,F6.1,4H ,F6.1,4H ,
1F6.1,4H ,F6.1,4H ,F6.1,6H METER)
740 FORMAT(1X,13,2F7.3,7X,100A1)

```

C

```

RETURN
END

```

